Diagnostische Ergebnisse und Möglichkeiten der translumbalen Aortographie

von

Heidelore Opel

aus Nürnberg

1966

1967 № 7

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41535725_0063

Aus der Chirurgischen Klinik mit Poliklinik der
Universität Erlangen-Nürnberg
(Direktor: Professor Dr. med. G. Hegemann)

Diagnostische Ergebnisse und Möglichkeiten der translumbalen Aortographie

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
Hohen Medizinischen Fakultät
der
Friedrich-Alexander-Universität
zu
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt von
Heidelore Opel
aus Nürnberg

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Dekan: Professor Dr. med. K.G. Ober
Referent: Professor Dr. med. G. Hegemann

Tag der mündlichen Prüfung: 26. September 1966

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

A. EINLEITUNG

I. Anwendungsbereich der Aortographie 6

II. Geschichte 9

B. DIE AORTOGRAPHIE

I. Zugänge zur Aorta 12

II. "Das Problem der Standardisierung" (Barke) 17

1. Physikalische Eigenschaften des Kontrastmittels 17

a. Jodgehalt 17

b. Viskosität 18

c. Dichte 18

2. Gefäßfaktoren 19

a. Gefäßweite 19

b. Blutstromgeschwindigkeit 20

3. Katheterverhältnisse bzw. Beschaffenheit der Aortographie-Nadel 22

a. Radius 22

b. Länge 23

c. Injektionsdruck 23

4. Aufnahmetechnik 24

5. Entwicklungstechnik 25

III. Untersuchungsgang der Aortographie 26

1. Vorbereitung und Anaesthesie 26

2. Lagerung, Punktion und Injektion 27

3. Aufnahmetechnik 28

4. Postoperatives Verhalten 29

C. DIAGNOSTISCHE ERGEBNISSE DER TRANSLUMBALEN AORTOGRAPHIE

I. Der normale Gefäßbaum 29

II. Charakteristische Abweichungen 33

1. Gefäßverengerungen 33

2. Aneurysmen 35

3. Embolie 36

4. Tumoren 36

a. benigne 36

b. maligne 37

5. Knochenentzündungen 38

III. Indikationsgebiete der translumbalen Aortographie 39

1. Veränderungen der Bauchgefäße 39

2. Veränderungen der Beckengefäße (Harnblase, Uterus, Adnexe) 40

3. Veränderungen der Nierengefäße 41

a. traumatische Veränderungen 42

b. entzündliche Veränderungen 43

c. expansive Prozesse 43

d. degenerative Veränderungen 46

e. Mißbildungen 47

f. Translumbale oder retrograde Aortographie zur Nierendarstellung? 49

4. Nebennierendarstellung 54

5. Extremitätenangiographie 56

a. Traumen 56

b. Tumoren 56

c. Aneurysmen 59

d. Embolien 60

e. Chronische arterielle Durchblutungsstörungen 60

Vorteile der translumbalen Aortographie

gegenüber konservativen Untersuchungen 64

gegenüber der Femoralisarteriographie 67

gegenüber der Katheteraortographie 74

D. KOMPLIKATIONEN, GEFAHREN UND KONTRAINDIKATIONEN DER TRANSLUMBALEN AORTOGRAPHIE

I. Narkosegefahren 75

II. Technische Fehler als Ursache 76

1. Paravasate 77

2. Intramurale Injektion 77

3. Blutungen aus der Punktionsöffnung .. 78

4. Gefäßverschluß 79

5. Punktion anderer Organe und Gefäße 80

III. Kontrastmittelschäden und -reaktionen 83

1. Toxische Wirkungen der Kontrastmittel 84

a. Niere 84

b. Rückenmark und Gehirn 86

c. Gefäßwirkung 88

2. Allergie 89

a. Erscheinungsformen 89

b. Auslösende Faktoren 91

c. Fragwürdigkeit der Testinjektion ... 94

IV. Kontraindikationen der translumbalen Aortographie 96

E. DIE AUFKLÄRUNGSPFLICHT BEI DIAGNOSTISCHEN EINGRIFFEN 97

LITERATURVERZEICHNIS 102

A. EINLEITUNG

I. Anwendungsbereich der Arteriographie.

Die Gefäßdarstellungen mit Hilfe von Kontrastmitteln bilden heute bereits einen beachtlichen Bestandteil der Röntgendiagnostik. Während Venographie und Lymphographie vor allem bei der Erkennung von Tumoren Verwendung finden, besitzt die Arteriographie darüber hinaus weitere diagnostische Möglichkeiten. Sie wird deshalb auch am häufigsten und in den verschiedensten Bereichen angewandt.

Das älteste Teilgebiet der Arteriographie ist die Darstellung der cerebralen Gefäße durch Kontrastmittelinjektion in die freigelegte A. carotis communis oder interna. Indikationen sind Arterienveränderungen (z.B. arterielle oder arteriovenöse Aneurysmen) und Tumoren, die sich durch Verdrängung der normalen Gefäße und u.U. abnorme tumoreigene Gefäße auszeichnen. In letzter Zeit wurde mehrfach versucht, die direkte Punktion der A. carotis zu vermeiden und den darzustellenden Gefäßbereich zu erweitern. So gibt z.B. HANAFEE eine Methode an, wie man mit Hilfe eines Seldinger-Katheters, der von der A. axillaris aus vorgeschoben wird, eine selektive Füllung der A. carotis und A. vertebralis, ja sogar der Coronararterien oder der Aorta erreichen kann. MARSHALL, LING und GONZALES empfehlen zur cerebralen Angiographie die percutane Punktion der

A. brachialis am distalen Oberarm. Die Injektion erfolgt ohne Katheter unter einem Druck von 7 kg/cm^2 gegen den Blutstrom. WERNER, POPKEN und WEGENER gelang es, durch percutane Punktion der proximalen A. brachialis oder der A. axillaris und Vorschieben der Nadel nach proximal die A. subclavia mit allen Ästen sichtbar zu machen. Distal von der Punktionsstelle legten sie eine Stauung an, die das Abfließen des Kontrastmittels in die Peripherie verhindern sollte. Durch diese Methode erreichten sie nicht nur eine Darstellung der A. vertebralis und ihrer cerebralen Äste, sondern auch des Truncus thyreocervicalis und der A. thoracica interna. Die Verfasser geben an, auf diese Weise auch Schilddrüsenerkrankungen, Epithelkörperchenadenome, Mediastinal- und Mammatumoren nachweisen zu können.

Ein weiteres Teilgebiet der Arteriographie bildet die Angiocardiographie. Sie wird heute im Rahmen der Herzchirurgie immer mehr zur Routineuntersuchung.
Bei intravenöser Applikation des Kontrastmittels in die V. cubitalis oder jugularis erhält man zunächst ein Dextrogramm, dann ein Laevogramm. Die Darstellung der thorakalen Aorta und des linken Herzens erfolgt durch Vorschieben eines Katheters von der A. brachialis oder femoralis aus oder durch Direktpunktion nach BJÖRK.
P. THURN, A. SCHAEDE, H. HILGER und A. DÜX geben für die thorakale Aortographie und Laevocardiographie folgende

Indikationen an: An der thorakalen Aorta: offener Ductus arteriosus Botalli, Aortenbogensyndrom, Anomalien des Aortenbogens, Aortenisthmusstenose, Aortenaneurysmen, Anomalien des Abgangs der Coronararterien und gezielte Coronarographie bei Coronargefäßerkrankungen; am linken Ventrikel: Aortenstenosen und Aortenklappeninsuffizienz, idiopathische Links-Herz-Hypertrophie, Mitralfehler, kombinierte Mitral-Aortenfehler, Ventrikelseptumdefekt mit Links-Rechts-Shunt, Transposition der großen Gefäße.

Im Vergleich zur cerebralen Angiographie und Angiocardiographie ist die selektive Darstellung der Eingeweide- und Beckengefäße eine Untersuchungsmethode, die verhältnismäßig wenig angewandt wird.

Eine Füllung der A. coeliaca und ihrer Äste und der A. mesenterica superior und inferior bekommt man entweder durch eine hohe translumbale Aortographie oder selektiv mit Hilfe eines Katheters, der über die A. femoralis eingeführt wird. Indikationen hierfür sind: arteriosklerotische Veränderungen der Eingeweidegefäße (P.PORCHER, D.PROT, J.CHALUT, J.BENNET), Aneurysmen, System- und Herdsplenomegalien, Hepatitis und Lebercirrhose, Verschluß des praehepatalen Teils des portalen Flußbettes (J.RÖSCH, J.BRET). Die beste Darstellungsmethode der V.portae ist die Splenoportographie. Sie wird vor allem in der Diagnostik der Epigastriumgeschwüre (J.RÖSCH) und des portalen Hypertonus, zur Indikationsstellung einer Shunt-Operation und zur

Kontrolle angelegter Anastomosen angewandt. Wenn diese Methode nicht möglich ist, empfehlen E.BOIJSEN, C.EKMAN und T.OLIN auch hier eine Arteriographie der Bauchgefäße, wobei die Kontrastfüllung in der venösen Phase diagnostisch besonders wertvoll ist.

G.GOLLMANN berichtet über einen Fall von generalisierter Bandscheibenerkrankung bei einer jüngeren Frau, bei der er durch Beckenarteriographie eine Rarifizierung der arteriellen Endverzweigungen im Bereich des Hüftgelenkes nachweisen konnte.

H.BRAEDEL und K.KRAUTZUN wandten die retrograde Füllung der Harnblasengefäße bei gleichzeitiger Luftfüllung der Blase zur Diagnostik bösartiger Geschwülste an.

Die Nieren- und Nebennierenangiographie wird heute häufig durchgeführt. Auch hier kann man eine Kontrastmittelfüllung durch eine hohe translumbale Aortographie oder Vorschieben eines Katheters von der A. femoralis aus erreichen.

Das weitaus größte Teilgebiet der Arteriographie ist die Extremitätenangiographie, d.h. die Darstellung der distalen Aorta, der Iliacalarterien und Beingefäße.

II. Geschichte

Die Arteriographie ist fast ebenso alt wie die Röntgendiagnostik. Zunächst experimentierte man an amputierten Armen und Beinen und an Tierleichen und versuchte, durch eine Gefäßfüllung mit Kontrastmitteln Arteriogramme zu erhalten.

1910 spritzten FRANK und ALWENS erstmals bei lebenden Tieren Wismutöl in die Arterien. 1918 entdeckte CAMERON, daß Jodidverbindungen einen guten Kontrast geben. 1923 wurde erstmals durch SICARD und FORESTIER in Frankreich mit Lipjodol, durch BERBERICH und HIRSCH in Deutschland mit Strontiumbromid eine Gefäßdarstellung am Menschen zu diagnostischen Zwecken durchgeführt.

Der Amerikaner BROOKS führte eine 100 %ige Na-Jodidlösung als Kontrastmittel ein. 1927 gelang E. MONIZ die erste Carotisangiographie mit 100 %igem Na-Jodid, 1931 punktierte R. DOS SANTOS die Aorta in Höhe des 3. LWK und führte so die erste translumbale Aortographie durch. Er benutzte ebenfalls Na-Jodid als Kontrastmittel. Später ging er wegen der starken Irritation des Gefäßendothels durch diese Substanz zu Thorotrast und Perabrodil über.

Anfang der Dreißiger Jahre unternahm RATSCHOW die ersten Versuche einer Funktionsdiagnose am Menschen: Nach einer ersten Arteriographie wandte er Vasodilatatoren an und führte dann eine zweite vergleichende Arteriographie aus. DOS SANTOS hatte schon 1929 auf die Notwendigkeit von Serienaufnahmen hingewiesen.

In England experimentierten 1936 HENLINE und MOORE an Hunden. Von den 19 Tieren, an denen sie eine translumbale Aortographie durchführten, starben fünf an Blutungen und drei an Kontrastmittel-Reaktionen. Die translumbale Aortographie, die man anfänglich für eine ziemlich ungefährliche

Methode gehalten hatte, geriet dadurch in Mißkredit und wurde in den nächsten 10 Jahren sehr wenig angewandt.
In dieser Zeit wurden in verschiedenen Ländern mehrere Kathetermethoden entwickelt. Man war der Meinung, eine weiter peripher gelegene Punktionsstelle sei besser zu überwachen und eine gefährliche Blutung hier leichter zu vermeiden.
Zunächst verfiel man in Japan und Spanien darauf, die A. femoralis freizulegen und das Kontrastmittel unter erhöhtem Druck retrograd in die Aorta zu spritzen.
1941 verwandte FARINAS erstmals einen Ureterkatheter, den er von der A. femoralis aus vorschob. 1950 führten HELMSWORTH und MC GUIRE den Polyaethylenkatheter ein. 1953 wurde von SELDINGER eine Kathetermethode publiziert, die sich heute noch bewährt.
Allmählich griff man aber wieder auf die translumbale Aortographie zurück, erst in Amerika (DOSS, NELSON 1942), später auch in Deutschland (GESENIUS 1949).
Seither wird sowohl die Kathetermethode als auch die Direktpunktion angewandt. Nach FRITZ und GOERING versteht man heute unter Aortographie "eine Darstellung der Aorta durch Injektion des Kontrastmittels nach direkter Punktion der Aorta oder Vorschieben eines Katheters von einem Arm- oder Beingefäß".

B. DIE AORTOGRAPHIE

I. Zugänge zur Aorta

Im Laufe der Jahre wurden alle möglichen Zugänge zur Aorta versucht und wegen ihrer Schwierigkeit oder Gefährlichkeit wieder verlassen. Außer der klassischen direkten lumbalen Punktion nach DOS SANTOS wurden folgende Methoden noch angewandt: NUVOLI führte 1936 eine transsternale Punktion durch; EULER wählte 1949 den peroesophagealen Zugang. HOYOS und DEL CAMPO punktierten im 2. ICR, PENDER im 5. - 7. ICR, GOTTLOB im 10. ICR!
SAITO, KAMIGAWA (1930), DOS SANTOS und CASTELLANOS spritzten das Kontrastmittel retrograd von der A. femoralis aus. FARINAS (1946), BORELL, FERNSTRÖM, LINDBLOM und WESTMAN, SOMMONS und MALIN (1956), wandten die gleiche Methode an, in Deutschland wurde sie von HASSE, DEMBOWSKI und PÄSSLER übernommen.
J.CUSHMANO und J.GALLAGHER (1963) geben an, daß die intravenöse Injektion von 80 - 100 ml in einen Arm ausreiche, um aortale und iliacale Veränderungen sichtbar zu machen.
J. WALDHAUSEN und E. KLATTE (1962) sind dagegen der Meinung, daß mit einer hohen intravenös applizierten Kontrastmitteldosis zwar die thorakale Aorta ausreichend dargestellt werden könne, der Kontrast in der Bauchaorta und in ihren Ästen lasse hingegen zu wünschen übrig. Für das Einführen eines Katheters wurden folgende Zugänge gewählt: JÖNNSSON (1949) schob

den Katheter von der A. carotis communis aus vor, FORSSMAN von der A. thyreoidea inferior. CASTELLANOS und PEREIRAS (1937) wählten die A. brachialis, RADNER die A. radialis und DETERLING die A. ulnaris als Zugang. PEIRCE brachte einen Polyaethylenkatheter durch eine percutan eingeführte Injektionsnadel in die A. femoralis.

H.J. KAUFMANN und K. WEISSER beschreiben eine Methode, wie man bei mißgebildeten Neugeborenen - ein Fall von fast vollständiger Amelie und ein Fall von Aortenisthmusstenose werden als Beispiele angegeben - in den ersten drei Lebenstagen eine Aortographie über die noch durchgängigen A. umbilicales erreichen kann. Die Autoren verwenden weiche Sonden mit 1 - 1,5 mm Außendurchmesser und seitlichen Öffnungen bei abgerundetem Ende, die von den A. umbiliciales über die A. vesicalis superior zur A. iliaca interna, A. iliaca communis und schließlich Aorta vorgeschoben werden.

Zur Darstellung der Aorta abdominalis und ihrer Äste werden in Deutschland heute folgende Methoden am häufigsten angewandt: HASSE, DEMBOWSKI und PÄSSLER punktieren die A. femoralis beiderseits und spritzen das Kontrastmittel retrograd durch eine Kanüle mit 3 atü in die Aorta. Bei nicht tastbaren Femoralispulsen wird die Punktion blind durchgeführt. Wenn die A. femoralis nicht aufzufinden ist, wählt PÄSSLER den translumbalen Zugang.

1953 wurde durch SELDINGER die Katheter-Aortographie in Deutschland bekannt. Die Punktion geschieht einseitig percutan mit einer großlumigen Doppelkanüle. Die innere Kanüle

ist spitz, die äußere stumpf geschliffen. Wenn die Nadel in der A. femoralis liegt, wird durch ihr Lumen der dicklumige Katheter mit Hilfe eines Führungsdrahtes, bestehend aus einer Drahtspirale und einem Verstärkungsdraht, unter Durchleuchtungskontrolle eingeführt und bis in die gewünschte Höhe in die Aorta vorgeschoben.

Modifikationen dieser Methode:

HETTLER punktiert zunächst mit einer engkalibrigen Kanüle, in der sich ein etwas überragender, flexibler Mandrin befindet, darüber liegt noch eine Außenkanüle. Mandrin und Außenkanüle werden nach der Punktion entfernt; ein weitkalibriger, endständig verschlossener Teflonkatheter mit drei Seitenlöchern unterhalb der Spitze und Metallköpfchen wird eingeführt. Das Punktionsloch ist nach Meinung HETTLERS auf diese Weise nicht so groß, die Arterienwandung wird mehr gedehnt als incidiert. Die Methode eignet sich gut zur selektiven Darstellung von Aortenästen und -abschnitten: "Etagenaortographie".

ZIMMERMANN verwendet einen normalen Polyaethylenkatheter, der durch Erhitzen endständig verschlossen wurde. Die Methode entspricht weitgehend der von HETTLER; mit einfachen Mitteln wird die gleiche Untersuchungstechnik ausgeführt.

Das offene Katheterende bei der SELDINGER-Methode bewirkt eine schlechte Steuerung des Kontraststromes. Bei einer selektiven Arteriographie resultiert dann oft eine zusätzliche Kontrastfüllung anderer Gefäßbezirke mit dem Nachteil störender Überlagerung, die durch einen endständig verschlossenen Katheter

mit Seitenlöchern vermieden werden kann.
W. PORSTMANN erreicht den endständigen Verschluß auf folgende Weise: Ein besonders praeparierter Ödman-Katheter mit vier bis fünf seitlichen und einer endständigen Öffnung und einer speziell praeparierten "Sicherheitsspitze" (hier hat der Katheter nur noch einen Durchmesser von 0,9 mm) wird mit dem Führungsdraht in die Aorta eingeführt. Wenn der Katheter in Injektionsstellung liegt, wird ein kleiner Metallbolzen von 2 -3 mm Länge von außen her bis in die Sicherheitsspitze vorgespült oder vorgeschoben und verschließt so die endständige Öffnung.
G. GOLLMANN gibt eine weitere Methode zur isolierten Kontrastfüllung der Aortenäste an. Er hat einen Führungsdraht entwickelt, der sich gezielt in Aortenäste einführen läßt. Der gerade Verstärkungsdraht nach Seldinger wird durch einen gebogenen ersetzt. Er besteht aus einer "Stäbchenkette" (Metallstäbchen, 3 - 5 mm lang, Längsbohrung, durch Nylonfaden verbunden). Darüber liegt die Drahtspirale. Der Polyvinylkatheter wird durch Erwärmen an der Spitze gebogen. Diese Biegung gleicht sich beim Einführen durch den Führungsdraht aus.
Die direkte translumbale Aortographie, wie sie 1931 von DOS SANTOS ausgeführt wurde, wird auch heute noch von vielen Untersuchern angewandt. Je nach der genauen Lokalisation der Punktionsstelle unterscheidet man eine hohe, subdiaphragmale Aortographie (Oberhalb des Abgangs der A. renales) mit Nierendarstellung und eine tiefe translumbale Aortographie.

In den letzten 9 Jahren (1956 - 1964) wurden an der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg 607 translumbale Aortographien an 457 Patienten ausgefü Weitere 73 Patienten wurden wahrscheinlich aortographie es konnte aber weder der Befund noch das Röntgenbild au funden werden.

	Zahl d. Pat.		Zahl d. Aortogr.	Gefäßgebiete		
	nicht auf-gefunden	erfaßt		Extr.	Niere,NN	B
1956	3	13	18	18	-	
1957	9	23	33	33	-	
1958	20	14	22	21	1	
1959	13	35	46	46	-	
1960	4	38	48	48	-	
1961	8	92	122	101(+5?)	16	
1962	8	108	146	129(+3?)	14	
1963	5	91	116	108(+2?)	6	
1964	3	43	56	51(+3?)	1	
	73	457	607	554(+13?)	39	

Die Verteilung der Punktionsstelle war folgendermaßen:

BWK 11	BWK 12	LWK 1	LWK 1-2
1	18	31	6

LWK 2	LWK 2-3	LWK 3	LWK 3-4	LWK 4
35	21	18	7	7

Von den restlichen Aortographien konnte kein Bild gefunden bzw. die Einstichhöhle nicht genau lokalisiert werden.
Im ganzen fanden sich:

102 hoch translumbale Aortographien
88 tief translumbale Aortographien

II. "Das Problem der Standardisierung" (BARKE)

Das große Problem der Aortographie ist die Fragwürdigkeit des Vergleiches der einzelnen Röntgenaufnahmen. Die Untersuchung wird an verschiedenen Kliniken unter ganz unterschiedlichen Voraussetzungen ausgeführt, die Ergebnisse sind also nur bedingt vergleichbar.
Aber auch an der gleichen Klinik variieren oft die Untersuchungsbedingungen, ja sogar ein und derselbe Patient kann zu verschiedenen Zeitpunkten verschiedene Befunde zeigen, da ein einwandfreies Gefäßbild von einer Reihe Faktoren abhängt, die noch nicht genügend erfaßt und standardisiert sind.
SWART und DINGENDORF lieferten einen "experimentellen Beitrag zur optimalen Gefäßdarstellung". Sie befassen sich darin im Wesentlichen mit ströumungstechnischen Problemen,
Der Kontrast im Gefäß ist nach ihren Untersuchungen weitgehend von folgenden Faktoren abhängig:

1. Physikalische Qualitäten des Kontrastmittels:

a. Der Jodgehalt des Kontrastmittels ist auf Grund der Strahlenabsorption dem Kontrast, den man auf dem

Röntgenbild zu erwarten hat, weitgehend proportional. Schwächer konzentrierte Kontrastmittel zeigen eine geringere Kontrastdichte als hoch konzentrierte. 70 % Joduron, 76 % Urografin, 80 % Perabrodil absorbieren die Röntgenstrahlen nahezu vollständig, hier ist kein Unterschied in der Kontrastdichte mehr.

b. Die Viskosität hingegen steht nach dem HAGEN-POISEUILLEschen Gesetz in umgekehrter Proportionalität zur Strömungsgeschwindigkeit. Je größer daher die Kontrastmittel-Viskosität, umso geringer ist die Kontrastmittelmenge, die pro Zeiteinheit injiziert werden kann, umso geringer ist folglich auch der Kontrast, Deshalb wurde anfänglich Urografin wegen seiner hohen Viskosität so ungern angewandt.

c. Die Dichte eines Kontrastmittels ist nach der Sedimentationsformel von STOKES der Sedimentationsgeschwindigkeit des Kontrastmittels direkt proportional:

$$v = \frac{2\, r^2\, (\Delta \rho)}{9\, \eta} \cdot g$$

v = Sedimentationsgeschwindigkeit eines Kontrastmittelpartikels vom Radius r,

$\Delta \rho$ = Dichtedifferenz der Flüssigkeitsgemisches

η = Viskosität der im Gefäß strömenden Flüssigkeit

g = Erdbeschleunigung.

Bei einer Annäherung der Viskosität des Kontrastmittels an die des Gefäßmediums (z.B. bei Polyglobulie) wird

die Sedimentationsneigung verringert.
Bei einer größeren Sedimentation wird das Gefäßbild ungenau und verzerrt, der Kontrast wird schlechter. SWART und DINGENDORF bewiesen experimentell, daß das Mengenverhältnis Kontrastmittel / strömendes Gefäßmedium pro ccm für die Sedimentationsneigung ausschlaggebend ist. Das Verhältnis kann durch Erniedrigung der Strömungsgeschwindigkeit des Gefäßmediums, durch Erhönung des Injektionsdruckes und durch Erniedrigung der Kontrastmittelviskosität und dadurch höhere Injektionsgeschwindigkeit zugunsten des Kontrastmittels verschoben werden. Die Sedimentation nimmt dann sichtbar ab.

2. Gefäßfaktoren:

a. Gefäßweite:

SWART und DINGENDORF injizieren im Versuch in verschieden weite Gefäßlumina, die von gleichen Volumina Wasser / Zeiteinheit durchflossen werden, jeweils gleich Kontrastmittelmengen verschiedener Konzentration. Im unteren Konzentrationsbereich sind die großen Gefäße bereits erkennbar, die kleinen liegen noch im Bereich der Wasserabsorption. Mit zunehmender Kontrastmittelkonzentration pro ccm steigert sich der Kontrast bis zu einem Grenzwert, dem sich auch die Kontraste der kleinen Gefäße nähern. Bei der Darstellung der großen und mittleren Arterien ist auch bei geringerer Jodkonzentration des Kontrastmittels das Maximum der Schattendichte bereits

erreicht, lediglich bei stärkerer Verdünnung durch den Blutstrom und bei der Füllung englumiger Gefäße ist ein möglichst hoher Jodgehalt von praktischem Vorteil (H.Hasse, G. Linker, U. Dembowski, P. Rees).
Man sieht also, daß es auch vom physikalischen Standpunkt aus durchaus nicht gleichgültig ist, ob in die Aorta oder in die A. femoralis injiziert wird. Ja sogar ein geringer Unterschied in der Höhenlokalisation der Punktionsstelle kann eine Änderung des Gefäßquerschnitts zur Folge haben. Nach der Formel I = i/Q (I = Strömungsgeschwindigkeit, i = Stromstärke, Q = Querschnitt) nimmt die Geschwindigkeit bei gleicher Stromstärke mit steigendem Gefäßquerschnitt (peripher!) ab.
Wenn man noch bedenkt, daß zwei verschiedene Patienten nie eine genau gleich große Aorta haben und daß für Kinder eigentlich ganz andere Maßstäbe zu gelten hätten, erscheint es unmöglich, den Untersuchungsgang der Aortographie zu normen.

b. Blutstromgeschwindigkeit:

Der Kontrast ist nicht nur von der Gefäßweite, sondern auch von der Blutstromgeschwindigkeit (1,c) und dem endovasalen Druck abhängig. Schon FREEMAN benützte die Verlangsamung des Blutstroms durch den Valsalva'schen Versuch zur Verbesserung des Kontrasts. Das Valsalva'sche Manöver beruht darauf, daß nach tiefem Einatmen bei geschlossener Mund- und Nasenöffnung gepreßt wird; nach 2o sec verkleinert sich das gesunde Herz um etwa 13% durch Abdrosselung des venösen Zuflusses zum Herzen und

direkte Kompression der Arterien. Die Verlangsamung des Blutstromes kann man auch durch eine medikamentöse arterielle Hypotonie oder in Allgemeinnarkose durch Erhöhung des intrabronchialen Druckes erreichen.

LUDIN gibt als Indikationen zur hypotensiven Aortographie an:

1. Darstellung sämtlicher Aortenabschnitte
2. Nierengefäßdarstellung ohne Katheter retrograd durch die A. femoralis, in Rückenlage, um turbulente Strömung auch in der Systole zu vermeiden
3. Percutane retrograde Coronarographie in Lokalanaesthesie
4. Darstellung der A. coeliaca und A. mesentericae in Bauchlage
5. Nebennierendarstellung in Seitenlage
6. Darstellung der Aortenkoarktation
7. Darstellung des untersten Aortenabschnittes der A. iliacae und Beinarterien ohne Katheter und unter hohem Druck in die A. femoralis

Er benötigt bei diesem Verfahren angeblich kleinere Kontrastmittelmengen und erhält eine kontrastreichere Abbildung.

Der Kontrastreichtum eines Röntgenbildes ist also auch von dem augenblicklichen Kreislaufzustand des Patienten, ja sogar von der Phase der Herzkontraktion abhängig. In der Diastole fließt das Blut langsamer, man erhält einen besseren Kontrast.

Im allgemeinen kommen aber diese Faktoren wenig zur

Geltung, da zur Aortographie meist höher konzentrierte Kontrastmittel (z.B. Urografin 60 % oder 76 %) verwendet werden, so daß bei technisch guter Ausführung eine optimale Darstellung auch trotz dieser Störfaktoren auf Grund des hohen Jodgehaltes erreicht wird.

3. Katheterverhältnisse bzw. Beschaffenheit der Aortographie-Nadel:

Die Injektionsgeschwindigkeit, neben der Blutstromgeschwindigkeit die maßgebende Größe, von welcher der Kontrast abhängig ist, wird nach HAGEN-POISEUILLE außer von der Viskosität der zu injizierenden Flüssigkeiten vom Radius und der Länge des Injektionssystems und vom Druckgefälle in diesem System bestimmt.

a. Radius:

Die pro Zeiteinheit injizierte Menge ist der 4. Potenz des Radius proportional. Eine geringfügige Vergrößerung des Katheterradius bzw. der Aortographienadel bewirkt eine enorme Steigerung der Injektionsgeschwindigkeit. Je größer der Radius, desto besser also der Kontrast. Die gebräuchlichsten Katheter sind heute:

	Außendurchmesser	Innendurchmesser
Seldinger PE	2,1 mm	1,65 mm
Ödmann gelb	2,8 mm	1,5 mm
Ödmann grün	2,3 mm	1,1 mm
Ödmann rot	2,0 mm	1,0 mm

b. Länge:

Je länger das Injektionssystem, umso geringer wird die Injektionsgeschwindigkeit. Bei der translumbalen Aortographie kann also durch die relativ kurze Aortographienadel eine bedeutend höhere Injektionsgeschwindigkeit erreicht werden als bei den Kathetermethoden.

Die Wandreibung ist nach den Untersuchungen von WARTENBERG-DINGENDORF zu vernachlässigen.

Die Lage der Katheteröffnungen können wir experimentell folgendermaßen deuten: Bei einer endständigen Öffnung wird und ohne seitliche Öffnungen kommt die volle Katheterlänge zur Geltung, bei seitlichen Öffnungen und endständigem Verschluß hat der Katheter eine Ausflußgeschwindigkeit, als ob er um die Entfernung Öffnung - Spitze kürzer wäre. Da die seitlichen Öffnungen aber meist nur wenige mm von der Spitze entfernt liegen, ist also auch die Lage der Ausflußöffnungen zu vernachlässigen, wenn die Injektionsgeschwindigkeit betrifft. Hingegen bewirken seitliche Öffnungen eine innerhalb gewisser Grenzen konstante Erhöhung der Ausflußgeschwindigkeit gegenüber einer endständigen.

c. Injektionsdruck:

Die Injektionsgeschwindigkeit ist dem Injektionsdruck proportional. Diese Beziehungen gelten für eine laminäre Strömung im Katheter. Bei turbulenter Strömung wächst der Widerstand im System zu.

"Unter den üblichen Bedingungen der Angiographie können laminare und turbulente Verhältnisse im Katheter wechseln.

je nach Art des Kontrastmittels, der Höhe des Injektionsdruckes, der Katheterweite und -länge. Je größer der Injektionsdruck, je größer der Katheterradius und je kleiner die Katheterlänge sowie je weniger viskös das Kontrastmittel ist, umso eher muß man mit dem Auftreten turbulenter Störungen rechnen. Je günstiger man also die Voraussetzungen für die Injektion eines großen Kontrastmittelvolumens wählt, mit umso größerer Wahrscheinlichkeit erzeugt man turbulente Strömung, die das unter den entsprechenden Voraussetzungen zu erwartende Optimum verhindert" (SWART und DINGENDORF 1962).

4. Aufnahmetechnik:

Die optimale Gefäßdarstellung ist abgesehen von der Injektionstechnik auch noch von der Aufnahmetechnik abhängig.
Belichtungsart und Folieverstärkung spielen eine große Rolle.
Maßgebend dafür, daß man eine richtige Aussage über den Gefäßzustand erhält, ist auch die Steuerung von Injektion und Aufnahme.
Wenn die Aufnahme zu früh oder zu spät ausgelöst wird, kann ein vollkommen falsches Bild entstehen. Deshalb macht schon DOS SANTOS auf die Notwendigkeit von Serienaufnahmen aufmerksam.
Diese aufeinanderfolgenden Serienaufnahmen können nun nach einem bestimmten Zeitschema ausgelöst werden, oder man kann (vor allem bei peripheren Durchblutungsstörungen) einen dem Patienten angepaßten Aufnahmeabstand wählen. PÄSSLER wählt die Zeitabstände nach dem Oszillogramm, DE REUS bestimmt außerdem noch die Hauttemperatur vor und nach Sympathicusblockade. BRASCHE schließt

vom Ausfall der Hyperaemie-Probe auf ein intaktes Gefäßsystem oder Gefäßveränderungen und löst die Aufnahmen dann nach folgendem Zeitschema aus:

Intaktes Gefäßsystem:	Bauch:	2	5	8			sec post inject.
	O-Schenkel:		5	8	11		"
	U-Schenkel:			8	11	14	"
Gefäßveränderungen:	Bauch:		5	8	11		"
	O-Schenkel:			8	11	14	"
	U-Schenkel:				11	14	17 "

Auch ROBERT und FRENZEL benutzen dieses Schema.
BARKE markiert die Kontrastmittelspitze mit radioaktiven Isotopen und löst die Aufnahmen dann in 2 sec Abstand aus.
DE REUS bestimmt in letzter Zeit (1957) die Strömungsgeschwindigkeit vor der Angiographie mit einer geringen Menge radioaktiver Isotopen. Die Voraussetzung für Serienaufnahmen ist eine Plattenwechselkassette. Die gebräuchlichsten sind die Kassetten nach PÄSSLER und WENTZLIK, DIMTZA und JAEGER, GIDLUND, ELEMA und SCHÖNANDER.
Die Dicke des Patienten ist bei der Aufnahme zu berücksichtigen.

5. Entwicklungstechnik:

Auch die Entwicklungstechnik trägt noch wesentlich zur Entstehung des Röntgenbildes bei. Art des Entwicklers und der

Fixation, Dauer und Temperatur der Entwicklung sind variable Größen, die aber von allen Faktoren noch am besten zu überschauen und am leichtesten zu standardisieren sind.

III. Der Untersuchungsgang der Aortographie

1. Vorbereitung und Anaesthesie:

Am Tag vor der Aortographie erhält der Patient eine Testinjektion des Kontrastmittels von 2 ccm. In Erlangen wurden in den letzten 9 Jahren alle Aortographien mit Urografin ausgeführt, nur zweimal wurde Conray verwendet. Manche Autoren (PÄSSLER 1959) sind der Meinung, daß derartige Vorproben absolut unzuverlässig seien und bei negativem Ausfall durchaus nicht die Gewähr gäben, daß keine Kontrastmittelreaktionen einträten. PÄSSLER hält den Kontrastmitteltest nicht unbedingt für nötig und empfiehlt, die Punktionskanüle nach Beendigung der Aufnahmen liegen zu lassen, um bei eventuell auftretenden Kontrastmittelreaktionen eine sofortige Injektion eines Antihistaminikums (Atosil) vornehmen zu können. Es ist richtig, daß eine negative Testinjektion keine absolute Sicherheit gegen Kontrastmittelreaktionen bietet. "Durch vorhergehende Testung mit dem Kontrastmittel wird das Risiko gemindert, aber nicht beseitigt"(HERWIG 1964).
Bei cardial geschädigten Patienten muß eine längere, u.U. mehrwöchige Glykosid-Vorbereitung für den Eingriff gefordert werden.

Die translumbale Aortographie wird heute in Intubationsnarkose vorgenommen. Früher führte man sie in Lokalanaesthesie aus. DE REUS (1956) und HASSE, LINKER, DEMBOWSKI und REES (1956) sind der Meinung, daß man eine Arteriographie wegen der Schmerzen und Muskelkontraktionen bei der Kontrastmittelinjektion in intravenöser Kurznarkose durchführen sollte, daß bei einer translumbalen Aortographie aber eine Lokalanaesthesie vollkommen genüge.

BRASCHE (1958) macht eine Barbituratnarkose und gibt Muskelrelaxantien, SCHMITZ-DRÄGER (1963) und HERWIG (1964) wählen die Intubationsnarkose. Bei uns wird die translumbale Aortographie in Intubationsnarkose mit NO/O_2-Gemisch durchgeführt. Als Einleitung werden 20 ccm Trapanal mit 0,5 mg Atropin gegeben. Im Augenblick der Kontrastmittelinjektion wird ein Muskelrelaxans injiziert.

Auf diese Weise ist der Eingriff vollkommen schmerzlos, Muskelkontraktionen werden vermieden, die Röntgenaufnahmen können unter Atemstillstand gemacht werden (schärfere Bilder!).

2. Lagerung, Punktion und Infektion:

Nach erfolgter Anaesthesierung wird der Patient in Bauchlage gebracht (keine Unterlage, kein Kissen!). So ist die Punktion der Aorta am einfachsten auszuführen und ein gleichmäßiger Abfluß des Kontrastmittels am ehesten gewährleistet. Eine erste Probeaufnahme ohne Kontrastmittel wird nun ~~dann~~ angefertigt, um die Lagerung zu überprüfen.

Die Punktion wird je nach der gewünschten Gefäßdarstellung (mit oder ohne Nierengefäße) in Höhe des 11.-12.BWK oder des 2.-4.LWK durchgeführt, aber niemals in Höhe des 1.oder 2.LWK, da hier die A. renales aus der Aorta abgehen. Zur Punktion verwenden wir endständig verschlossene Nadeln mit einer seitlichen Öffnung, die durch einen Mandrin verschlossen sind, von 1,3 - 2,0 mm Durchmesser. Erst wird ein Hautschnitt etwa Handbreit links von der Medianlinie in der angegebenen Höhe angelegt, dann wird die Kanüle nach rechts ventral vorgeschoben unter einem Winkel zur Körperoberfläche von etwa 45^{o}. Hat man das Aortenlumen erreicht, so spritzt nach Entfernung des Mandrins hellrotes Blut rhythmisch aus der Nadel. Zunächst werden 10 ccm Kontrastmittel mit der Hand injiziert und eine Probeaufnahme angefertigt, um die Nadellage zu kontrollieren. Dann schließt man die Kanüle über einen Schlauch an den Druckapparat nach GIDLUND an. Jetzt werden 40 - 50 ccm 76 %iges Urografin mit 2 - 3 atü injiziert. Nach etwa 5 ccm Kontrastmittel wird die erste Aufnahme automatisch ausgelöst.

3. Aufnahmetechnik:

Wir benutzen die Kassettenwechsler nach GIDLUND-ELEMA-SCHÖNANDER Aufnahmetechnik: Angiokymographie und Stufenarteriographie, wie sie von BÜCHNER entwickelt und publiziert wurden.
Das Angiokymogramm gestattet eine genaue Messung der Strömungsgeschwindigkeit und ermöglicht das Erkennen von Strömungsdifferenzen zwischen rechts und links und zugleich die funktionelle Beurteilung von Kollateralkreisläufen. Es ist vor

allem für die Funktionsdiagnostik geeignet, obwohl es auch eine morphologische Beurteilung zuläßt.
Für die genaue Lokalisation umschriebener Gefäßveränderungen und Verschlüsse ist aber das Stufenarteriogramm besser geeignet.
Auch dieses Aufnahmeverfahren beruht auf dem Rasterprinzip und erlaubt eine (wenn auch nicht so genaue) Funktionsdiagnose. Beide Aufnahmen werden 10-12 sec belichtet, Spannung 70-90 kV, Stromstärke 10-20 mA. Durch das Großbildformat kann das Gebiet von der Aortenbifurkation bis zur Teilungsstelle der A. poplitea auf einer Aufnahme abgebildet werden, man spart so Filmmaterial und Strahlendosis.

4. Postoperatives Verhalten:

Postoperativ wird eine strenge 24-stündige Bettruhe in Rückenlage gefordert.

C. DIAGNOSTISCHE ERGEBNISSE DER TRANSLUMBALEN AORTOGRAPHIE

Um pathologische Veränderungen erkennen zu können, muß man erst mit dem normalen Bild einer translumbalen Aortographie vertraut sein.

I. Der normale Gefäßbaum:

Die Aorta abdominalis verläuft links ventral vor der LWS und gibt folgende Äste ab:

a) Zwischen BWK 12 und LWK 1 entspringt ventral aus der Aorta die A. coeliaca. Nach etwa 1,5 cm teilt sie sich in die A. lienalis, A. gastrica sinistra und A. hepatica propria.
Diese 3 Äste sind meist sehr gut sichtbar. Der kleinste ist die A. gastrica sinistra. Sie verläuft von der Aorta an der kleinen Magenkurvatur. Die Anastomose mit der A. gastrica dextra ist nicht zu sehen.
Die A. lienalis ist kräftig ausgebildet und teilt sich in Äste zum Milzparenchym. Die kleinen Äste zum Pankreas, die A. gastroepiploica sinistra und die A. gastricae breves sind nicht abzugrenzen.
Die A. hepatica ist dünner als die A. lienalis, aber dicker als die A. gastrica sinistra. Meist sind nur ihre Äste, die A. hepatica propria und A. gastroduodenalis zu erkennen. A. cystica, A. gastrica dextra, A. gastroepiploica dextra und pancreaticoduodenalis sind nicht sichtbar.

b) Aa. phrenicae inferiores: Gleich unterhalb des Abgangs der A. coeliaca entspringen zwei kleine Arterien, die zum Zwerchfell laufen.

c) Aa. suprarenales: Ihr Ursprung ist wechselnd, meist kommen sie direkt aus der Aorta. Akzessorische Äste aus der A. phrenica inferior und A. renalis (A. suprarenalis superior und inferior) sind möglich.
Die rechte A. suprarenalis ist in etwa 60 %, die linke seltener dargestellt (MÜLLER).

d) Etwa in gleicher Höhe mit den Aa. suprarenales entspringt unmittelbar unterhalb des Truncus coeliacus ventral aus der Aorta die unpaare A. mesenterica superior. Sie versorgt den Darm vom unteren Duodenum bis zum Cannon-Böhm'schen Punkt. Sie verläuft normalerweise zwischen Wirbelsäule und Aorta caudalwärts. Ihre Äste sind nicht deutlich erkennbar, nur bei selektiver Füllung stellen sie sich gut dar; dann sind auch manchmal die Anastomosen zwischen den einzelnen Ästen, die Arkaden, zu sehen.

e) Kaudal von der A. mesenterica superior gehen die Aa. renales aus der Aorta ab. Sie haben etwa das gleiche Kaliber wie die A. mesenterica superior. Sie variieren in Zahl und Verlauf. Akzessorische Arterien aus der Aorta und auch aus den Beckengefäßen kommen vor, Die Aa. renales sind bei der translumbalen Aortographie von allen viszeralen Aortenästen am besten zu verfolgen.

f) In Höhe von LWK 2 entspringen aus der ventralen Aortenwand die Aa. testiculares bzw ovaricae. Sie sind normalerweise kaum oder gar nicht sichtbar. Sie geben Äste in das perirenale Fettgewebe ab.

g) Die A. mesenterica inferior ist unpaar und entspringt in Höhe von LWK 3-4 links ventral aus der Aorta. Ihre Äste. die A. colica sinistra, Aa. sigmoideae und A. rectalis superior, sind auf dem Aortogramm nicht deutlich zu erkennen.

h) Dorsal entspringen aus der Aorta beiderseits 4 Aa. lumbales. Sie verlaufen nach lateral dorsal und verzweigen sich in der Muskulatur, nachdem sie die Rami spinales zum Rückenmark abgegeben haben. Sie sind meist kleinkalibrig, können aber im Falle eines Verschlusses als Kollateralen fungieren; dann haben sie ein erheblich größeres Kaliber.

i) Etwa in Höhe der unteren Hälfte des 4. LWK teilt sich die Aorta in die beiden Aa. iliacae communes und die A. sacralis media, die meist nicht sichtbar ist und die rudimentäre Fortsetzung der Aorta bildet. Die Aa. iliacae communes sind etwa halb so dick wie die Aorta. Jede teilt sich in Höhe der Articulatio sacroiliaca in die A. iliaca externa und interna, die beide etwa gleich stark sind.
Die Äste der A. iliaca interna versorgen die Organe und Muskulatur des kleinen Beckens (A. umbilicalis beim Foten, später nur noch A. vesicalis superior, A. vesicalis inferior, A. ductus deferentis bzw. uterina, A. rectalis media, A. pudend. interna, A. iliolumbalis, Aa. sacrales laterales, A. obturatoria, A. glutaeae superior et inferior). Bei einer translumbalen Aortographie sind sie im allgemeinen sehr schlecht zu differenzieren. Sie bilden ein feines Arterienkonvolut, in dem nur in pathologischen Fällen einzelne Gefäße verdickt sind.

Die Äste der A. iliaca externa (A. circumflexa ilium prof., A. epigastrica inf. mit Ramus obturatorius und pubicus) sind meist nicht zu sehen; nur wenn sie als Kollateralen fungieren, sind sie dargestellt.

Die A. femoralis als Fortsetzung der A. iliaca externa gibt die A. epigastrica superf., A. circumflexa ilium superf., A. pudendae ext. und die A. femoralis prof. ab. Die A. femoralis profunda als Hauptast ist etwas engkalibriger als das Stammgefäß und hat die "Verteilerfunktion" (HASSE, DEMBOWSKI) am Oberschenkel, die A. femoralis übt die "Transportfunktion" aus. Die Al femoralis wird beim Eintritt in die Kniekehle zur A. poplitea, die sich wenige Zentimeter unterhalb in die drei Unterschenkelarterien teilt. Diese Teilungsstelle ist bei einer normalen Aortographie noch gut zu erkennen, ebenso die Äste der A. femoralis profunda (A. circumflexa femoris med. und lat., Rami perforantes) und A. poplitea.
Um noch die Äste der Unterschenkelarterien, die Arterien am Fuß und die Zehenarterien darzustellen, wäre eine höhere Kontrastmitteldosis notwendig, als man sie normalerweise verwendet.

II. Charakteristische Abweichungen:

Von diesem normalen Gefäßbaum gibt es nun charakterische Abweichungen.

1. Gefäßverengerungen:

Gefäßverengerungen können entzündlicher oder degenerativer Genese sein. Der Prototyp einer degenerativen Erkrankung ist die Arteriosklerose. Sie tritt vor allem im höheren Lebensalter

bei Männern auf und kann die verschiedensten Gefäßgebiete befallen. Oft manifestiert sie sich an den Cerebral-, Nieren- oder Coronargefäßen, ohne daß die peripheren Arterien befallen werden, und umgekehrt.

Auch Gefäßprozesse bei Diabetikern können zu den degenerativen Erkrankungen gerechnet werden.

Prototyp der Veränderungen entzündlicher Genese ist die Endangitis obliterans WINIWARTER-BUERGER. Sie entsteht ebenfalls besonders beim männlichen Geschlecht unter Bevorzugung der mittleren Altersstufen. Vornehmlich die Gefäße der unteren Extremität sind befallen. Die Panarteriitis nodosa geht mit Veränderungen an allen Gefäßen einher. Auf eine Aortenlues kann sich die arteriosklerotische Veränderung aufpfropfen.

GUMRICH, DORTEMANN und KÜBLER haben als weitere Ursachen für örtliche Arterienschäden neben Arteriosklerose und Endangitis obliterans gefunden:

1. Stumpfe Traumen,
2. Frakturen und Luxationen (durch Weichteilkontusionen entstandene Laesionen der Intima, die schließlich am Ort der Gewalteinwirkung zur arteriellen Thrombose führten; das Haematom stimmte mit der Höhe des Gefäßausfalls überein).
3. Schußverletzungen (direkte Arterienzerreißung)
4. Erfrierungen (lokale Endangitis)
5. Örtliche Entzündungsprozesse (z.B. Kniegelenksfungus) und Narben (Narbenkompression oder -zug, örtliche Intimareizung, Thrombose) und Tumoren
6. Lokale Funktionsstörungen, die selten in organische Veränderungen übergehen.

Allen diesen Gefäßprozessen ist gemeinsam, daß sie durch Änderung der Strömungsverhältnisse in den Arterien die Tendenz haben, weiter fortzuschreiten, ja daß sie zum völligen arteriellen Verschluß führen können. Diese Lichtungseinengungen und Verschlüsse sind auf dem Aortogramm durch Kontrastmittelaussparungen an den Gefäßwänden und Entwicklung von Kollateralen zu erkennen. Auf die Aetiologie des Prozesses läßt sich natürlich aus dem Röntgenbild nicht schließen.

2. Aneurysmen:

Die Wandveränderungen der Arterien, ganz gleich ob arteriosklerotischer, endangitischer, luetischer oder traumatischer Genese, können durch den Elastizitätsverlust der Gefäßwand auch die allmähliche Ausbildung eines Aneurysmas auslösen. Außerdem gibt es noch kongenitale Aneurysmen, die auf einer angeborenen primären Schwäche der elastischen Strukturen oder einem Fehlen der Muscularis beruhen. Bei allen Aneurysmen droht sowohl die Gefahr der Thrombosierung als auch der Ruptur. Das Aneurysma ist auf dem Gefäßbild als sackförmige Erweiterung mit deutlich höherer Kontrastdichte sichtbar (hier ist die Strömungsgeschwindigkeit verlangsamt). Arteriovenöse Aneurysmen, wie sie besonders durch Schußverletzungen zustandekommen, sind durch eine frühzeitige venöse Füllung und deshalb durch eine Minderdurchblutung des entsprechenden arteriellen Versorgungsgebietes gekennzeichnet.

3. Embolien:

Weiterhin führt die Aortographie bei embolischen Verschlüssen zu einer schnellen Diagnose und ermöglicht so die rechtzeitige Embolektomie.

4. Tumoren:

Die Gefäßdarstellung spielt in der Tumordiagnostik eine große Rolle. In vielen Fällen ist bereits durch die Angiographie eine Differenzierung maligner und benigner Tumoren und die Unterscheidung von Tumor und Entzündung möglich. THIWISANA bestätigt eine enge Beziehung zwischen der Vaskularisation und dem Malignitätsgrad eines Tumors.

a. Merkmale eines benignen Tumors sind:
"Harmonie und geordnete Aufzweigung der Eigengefäße, Verdrängung, Streckung oder Kompression der Arterien bei gleichzeitiger Kompensation der Durchblutung. In der kapillären Phase färbt sich die Geschwulst oft diffus an und ist scharf gegen das gesunde Gewebe abzugrenzen. Ein großer Teil der benignen Tumoren hat keine Eigengefäßzeichnung, z.B. juvenile Knochenzysten, Riesenzelltumoren" (THIWISANA).
SCHNEPPER gibt als angiographische Merkmale eines benignen Tumors an:
1. Keine tumoreigenen Gefäße, keine arteriovenösen Fisteln, zuführende arterielle Gefäße verlaufen im Bogen an der Tumoroberfläche, geben kleine Äste in die Randpartien und nur in wenigen Fällen ins Tumorinnere ab.

2. Die abführenden Hauptvenen liegen ebenfalls an der Oberfläche; sie sind vom Tumor verdrängt und weichen nicht vom normalen Aufbau ab.
3. Mit Ausnahme der Angiome und Angiocavernome sind die benignen Tumoren gefäßarm und lassen sich im allgemeinen angiographisch von der Umgebung abgrenzen. Häufig ist die Umgebung in der kapillären Phase stärker mit Kontrastmittel angefärbt als der Tumor selbst.
4. Arterielle und venöse Phase liegen zeitlich in physiologischen Grenzen.

Übereinstimmend geben die beiden Autoren also an:
Verdrängung der umgebenden Gefäße, geordnete Gefäßverhältnisse im Tumor selbst, gute Abgrenzbarkeit gegen die Umgebung in der kapillären Phase.

b. TIWISANA beschreibt das angiographische Bild maligner Tumoren folgendermaßen:
Die Tumorgefäße besitzen oft ausgesprochen embryonale Beschaffenheit, muskulöses und elastisches Gewebe sind in der Gefäßwand nur mangelhaft vorhanden, es gibt nur enge oder weite Gefäße. Die Lichtung besteht aus Endothelrohren oder Bluträumen ohne Elastizität und Kontraktilität; das Blut verweilt abnorm lang in den Lakunen (blood pools). RICKER bezeichnet dies als "peristatischen Zustand". Es herrscht eine Strömungsverlangsamung durch Drosselung der zuführenden und Erweiterung der abführenden Blutbahnen. Daneben findet sich Gefäßarmut

oder Gefäßlosigkeit durch regressive Veränderungen (Nekrosen) im Zentrum des Tumors.

SCHNEPPER:

1. Die Verdrängung der Arterien ist weniger stark, die Gefäße sind mehr infiltrativ umwachsen. Es finden sich zahlreiche tumoreigene, häufig aneurysmatisch erweiterte, wirr angeordnete Gefäße. Arterien, Venen und Kapillaren sind nicht zu unterscheiden. Es bilden sich "Blutseen" (VOGLER, DEU). Die Tumorgefäße verlaufen gestreckt und korkenzieherartig und bilden oft ein dichtes Konvolut.
2. Die zuführenden arteriellen Gefäße sind erweitert, unregelmäßig konturiert und zeigen Kaliberschwankungen.
3. Der Tumor ist durch unscharfe, unrgelmäßige Form gegen die Umgebung schlecht abgrenzbar.
4. Das Kontrastmittel tritt in der arteriellen Phase über arteriovenöse Fisteln in die Venen über, peripher vom Tumor sind die Gefäße daher nur unvollständig gefüllt. Die arteriovenösen Fisteln liegen vorwiegend am Rande des Tumorgebietes. Vielfach ist der ganze Tumor massiv unregelmäßig wolkig angefärbt.

5. Knochenentzündungen:

Entzündliche Erkrankungen des Knochens und der angrenzenden Weichteile zeigen keinen typischen Gefäßbefund, es ist nur eine Hyperämie vorhanden. Nach SCHNEPPER ist eine Differentialdiagnose zwischen Knochenentzündung und Tumor im Serienangiogramm möglich. Er erachtet aber trotzdem eine Probeexcisio

für unerläßlich.

SCHMITZ-DRAEGER zieht die Arteriographie einer direkten Tumorpunktion vor.

LAGERGREN und LINDBLOM führten bei 300 Patienten mit peripheren Tumoren Extremitätenangiographien durch und machten zugleich mikroangiographische und mikroskopische Untersuchungen. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß die Angiographie maligner Tumoren in vielen Fällen wertvolle zusätzliche Informationen bringt, wenn auch die Abgrenzung gegenüber entzündlichen Prozessen manchmal schwierig ist.

III. Indikationsgebiete der translumbalen Aortographie.

1. Veränderungen der Gefäße im Bauchraum:

Hier kann die translumbale Aortographie nur bedingt angewandt werden. Ein nicht allzu deutlicher pathologischer Gefäßbefund wird wohl kaum sichtbar zu machen sein. Durch die Überlagerung der zahlreichen Gefäße sind die einzelnen Arterien nur schwer zu verfolgen. Im Prinzip kann man zwar auch bei Verdacht auf tumoröse Leber- und Darmveränderungen und bei Splenomegalie eine translumbale Aortographie durchführen, aber in diesen Fällen ist wohl - wenn eine Gefäßdarstellung überhaupt nötig ist - die selektive Kathetermethode vorzuziehen. Bei Milz- und Lebervergrößerung sinddie A. lienalis bzw. A. hepatica weit und geschlängelt. Die Tumoren des Darmes sind meist gefäßarm, das Aortogramm zeigt keine deutlichen Abweichungen.

Bei uns wurde in 9 Jahren einmal eine translumbale Aortographie zur Darstellung der Mesenterialarterien unter dem Verdacht einer Mesenterialarterienthrombose gemacht. In diesem Fall - der Patient hatte die Symptome eines akuten Abdomens - war die translumbale Aortographie sicher gerechtfertigt, da sie weniger zeitraubend ist als die Katheterangiographie und sicher ebenso eine Lokalisation des Thrombus zugelassen hätte. In unserem Fall handelte es sich aber, wie sich bei der Laparotomie herausstellte, um eine Mesenterialvenenthrombose.

2. Veränderungen der Beckengefäße:

Ebenso liefert die translumbale Aortographie keine ausreichende Darstellung der Beckengefäße.
BRAEDEL und KRAUTZUN geben als angiographische Merkmale der bösartigen Harnblasengeschwülste an:
a. Seitendifferenz in Zahl und Weite der die Blase versorgenden Gefäße,
b. frühere Gefäßfüllung (arteriell, kapillar, venös) auf der erkrankten Seite,
c. Auftreten abnormer Tumorgefäße,
d. Kontrastmittelansammlung in der Geschwulst.

Maßgebend für die angiographische Differenzierung eines Tumors ist dabei angeblich seine Tiefenausdehnung. Prozesse, die nur auf die Mucosa oder Muscularis beschränkt sind, kann man hinsichtlich ihres Malignitätsgrades noch nicht einordnen.

Bei uns wurde zur Diagnose der Harnblasengeschwülste keine translumbale Aortographie durchgeführt.
BORELL machte Arteriographien, um Uterus- und Adnexgefäße darzustellen, manchmal in Kombination mit Hysterosalpingographie zur Klärung der Lageverhältnisse. Sie dienten der Differentialdiagnostik entzündlicher und tumoröser Adnexprozesse und der Frühdiagnostik der Extrauteringravidität. Bei Aborten und Extrauteringraviditäten fand er arteriovenöse Fisteln der Uterus- und Adnexgefäße. Er erreichte dadurch, daß er den Abfluß des Kontrastmittels durch Kompression der Aa.femorales verhinderte, eine bessere Darstellung der Beckengefäße.
PFEIFFER und BARKE wählten die Kathetermethode nach Seldinger bei gleichzeitiger Harnblasenkontrastfüllung.
COALE, RICHEY und MC GANITY machten intravenöse Aortographien, um die Placenta zu lokalisieren.
Die A. uterina wird vom 2. Schwangerschaftsmonat an dicker, die Placenta ist etwa vom 3. Monat an zu lokalisieren. Auch bei größeren Myomen findet sich eine erweiterte A. uterina.
HARTNETT verwandte 1948 die translumbale Aortographie zur Darstellung der Placenta praevia.
Bei uns wurde zur gynaekologischen Diagnostik noch keine Aortographie gemacht.

3. Veränderungen der Nierengefäße:

Ein großes Indikationsgebiet der translumbalen Aortographie ist die Nierengefäßdarstellung. Man erhält zunächst eine

Füllung der Aa.renales und ihrer Äste. 3 - 6 sec nach der Injektion ist die diffuse Parenchymanfärbung zu erwarten. Die großen Gefäße sind dann bereits ohne Kontrast.
Folgende Nierenveränderungen sind auf dem Aortogramm zu erkennen:

a. Traumatische Veränderungen:

VOGLER und BERGMANN wandten bei 13 Nierentraumen neben den Routinemethoden der Übersichtsaufnahme, intravenösen Urographie und retrograden Pyelographie die Angiographie an; sie fanden, daß die angiographisch nachweisbaren Gefäß- und Parenchymschäden ausgedehnter waren als es die Veränderungen am NBKS erwarten ließen.
Bei "erhaltener Ausscheidungsfunktion , aber pathologisch verändertem NBKS" fanden sie die Arterien erster Ordnung nicht verändert, kleinere periphere Äste waren rupturiert. Bei der intravenösen Urographie zeigten sich Kontrastmittelansammlungen im Parenchym und subkapsulär. Eine fehlende Ausscheidungsfunktion ("stumme Niere") nach Trauma kann durch Abriß oder Tamponade des Ureters, durch Verlegung des NBKS durch Blutkoagula oder durch Abriß der A. renalis bedingt sein. Im letzten Fall bringt die Angiographie die Klärung. FROST fordert bei klinischem Verdacht auf Nierenruptur die Durchführung einer Nierenangiographie. Die genaue Kenntnis der Gefäßverhältnisse in der geschädigten Niere vor dem operativen Eingriff ist von großem Wert.
1961 wurde bei uns durch Aortographie ein Abriß der rechten A. renalis durch ein Trauma diaghostiziert. Die operative

Freilegung zeigte eine völlig infarzierte Niere, die entfernt werden mußte.

b. Entzündliche Veränderungen:

Entzündungen spezifischer und unspezifischer Art sind auf dem Aortogramm nicht zu unterscheiden. Bei TBC und auch bei chronischen banalen Entzündungen finden sich in dem betroffenen Gebiet atrophierte Gefäße mit unregelmäßigen Konturen und wechselndem Kaliber. Die normalen Teile der Niere haben hypertrophische Gefäße. In der Parenchymphase zeigt sich in der Entzündungszone eine nicht scharf begrenzte Aufhellung.

c. Expansive Nierenprozesse:

WEISSLEDER und KIEFER stellen sich bei der Beurteilung angiographischer Formänderungen der Niere folgende Fragen:
1. Wie ist das Verhältnis des funktionstüchtigen Parenchyms zur Lumenweite der A. renalis und ihrer großen Äste?
2. Bestehen Abweichungen von der normalen Gefäßarchitektonik?
3. Sind pathologische Gefäße nachweisbar?

Die expansiven Nierenprozesse zeichnen sich durch eine Gefäßverdrängung aus.

Benigne Prozesse:

Cyste: Die Arterien werden bugförmig verdrängt, es resultiert ein scharf begrenztes gefäßloses Gebiet. Wegen des Parenchymschwundes sind auch die Arterien engkalibriger. Auf dem Nephrogramm sind nur die funktionierenden Teile der Niere sichtbar. Große Solitärcysten an der Nierenoberfläche zeigen einen "Parenchymsporn".

Nierenabszesse sind oft von gefäßarmen Nierentumoren nicht abzugrenzen. Sie unterscheiden sich nur manchmal durch eine hyperaemische Randzone (WEISSLEDER, KIEFER).
Ein Nierenkarbunkel zeigt ein dem Hypernephrom ähnliches Bild.

Maligne Prozesse:

Gefäßreiche maligne expansive Prozesse sind fast immer Hypernephrome. WEISSLEDER und KIEFER beschreiben das Gefäßbild folgendermaßen: Zuerst ist der ursprüngliche Gefäßbaum sichtbar, der um den Tumor herum schalenförmig verdrängt ist und z.T. direkt in Tumorgefäße übergeht. Am Ende der arteriellen Phase färben sich die pathologischen Gefäße an. Sie sind ungeordnet, bestehen nur aus Endothelrohren und haben aneurysmatische Ausbuchtungen. Durch die Stase in diesen dilatierten Gefäßabschnitten bleibt der Tumor länger angefärbt als das übrige Parenchym. Über die arteriovenösen Kurzschlüsse erfolgt eine frühzeitige venöse Füllung. Die Tumorgefäße sind geschlängelt und korkenzieherartig. Mangel an pathologischen Gefäßen schließt aber die Malignität nicht aus. Durch Blutungen oder zentrale Nekrosen sind u.U. weniger Gefäße angefärbt.
Bei einer Gefäßarrosion durch den Tumor kann sich im Angiogramm das Hohlraumsystem darstellen.
Maligne Nierenkapseltumoren zeigen ein ähnliches Bild.
Die bösartigen Nierenbeckentumoren sind gefäßärmer. Im Unterschied zur Cyste sind hier die Arterien nicht verdrängt, sondern infiltrativ umwachsen. Sie können gestreckt oder geschlängelt verlaufen, glatt oder unregelmäßig begrenzt sein. Auf dem

Nephrogramm ist an der Stelle des Tumors eine deutliche Aufhellung zu sehen. Im Hilusbereich können diese Prozesse den Verschluß der zu- und abführenden Gefäße bewirken.
Das Angiogramm dient auch dem Nachweis von Hypernephrom-Metastasen und Rezidiven. SCHMIDT-DRAEGER berichtet einen Fall, bei dem zugleich ein Hypernephrom und seine Metastase in der Beckenschaufel angiographisch festgestellt wurden. HOLM beschreibt an Hand eines Beispiels die Möglichkeit, durch Aortographie die retroperitoneale Ausbreitung eines lokalen Hxpernephrom-Rezidivs und seiner Metastase nachzuweisen.
Bei uns wurden von 1956 - 1964 8 Aortographien mit dem Verdacht auf einen Nierentumor ausgeführt. In 5 Fällen fand sich kein pathologischer Gefäßbefund, einmal wurde eine Stenose der A. renalis aufgedeckt.
Zweimal handelte es sich um einen Nierentumor:
In einem Fall zeigte das Nephrogramm einen kugelig aufgetriebenen Nierenpol ohne pathologische Gefäßversorgung. Der Befund sprach eher für einen cystischen Tumor, der sich bei der Nephrektomie aber als ein Hypernephrom herausstellte.
In einem zweiten Fall handelte es sich um einen inoperablen Nierentumor mit völligem Ausfall der einen A. renalis im Angiogramm. Ein weiterer Patient wurde unter dem Verdacht auf ein posttraumatisches Aortenaneurysma aortographiert. Im Bereich der linken Beckenschaufel zeigte sich eine diffuse Gefäßanfärbung und ein früher venöser Abfluß aus diesem Gebiet: Hypernephrom-Metastase bei aortographisch nicht sichtbarem Primärtumor.

d. Degenerative Veränderungen:

COLLO und FAVERO fordern vor der Entfernung einer Steinniere eine Aortographie, um die Funktion der Niere zu prüfen. Eine beidseitige Nephrolithiasis betrachten sie an sich als eine Indikation zur Aortographie.

Zur Aufdeckung eines Aneurysmas der A. renalis ist eine Aortographie unbedingt notwendig. DÜX und THURN berichten über zwei Fälle von Hypertonie, bei denen aortographisch ein Nierenarterienaneurysma festgestellt wurde.

Schrumpfniere:

Zur Schrumpfniere kann neben einer chronischen Harnstauung, einer Amyloidose oder einer Entzündung (Glomerulonephritis, Pyelonephritis, interstitielle Nephritis) auch ein Gefäßprozess führen. Dieser kann sich an den intrarenalen Arterien als Arterio- bzw. Arteriolosklerose, als Endangitis oder Periarteriitis nodosa oder an der A. renalis selbst abspielen. Sie ist entweder im ganzen eingeengt oder plötzlich an einer umschriebenen Stelle durch arteriosklerotische Plaques verändert. Dies führt dann zur Entwicklung einer renalen Hypertonie, wie sie GOLDBLATT beschrieben hat. Die linke A. renalis ist häufiger betroffen als die rechte. Außerdem sind gedoppelte A.renales praedestiniert für die Entstehung eines GOLDBLATT-Mechanismus.

Das Verhältnis der A. renalis zum funktionstüchtigen Parenchym ist stark zugunsten der A. renalis verschoben (es sei denn, sie ist auf ihrer ganzen Länge arteriosklerotisch verändert). Die intrarenalen Arterien liegen dicht beieinander.

Bei uns wurden 8 translumbale Aortographien unter der Verdachtsdiagnose "degenerative Veränderungen" ausgeführt. In 5 Fällen konnte sie nicht bestätigt werden.
In einem Fall (weiblich 22a) konnte aortographisch die Diagnose einer Nephrolithiasis mit Hypotonie der gesamten Harnwege erhärtet werden: Das Nierenparenchym war vermindert und zeigte nur eine schwache Anfärbung. Das Konkrement im Nierenbecken wurde entfernt.
Ein Patient (männlich 46a) mit konstanter Hypertonie wurde zweimal aortographiert; man nahm degenerative Veränderungen der Niere an. Die erste Untersuchung brachte wegen eines retroperitonealen Haematoms zwar kein eindeutiges Ergebnis; die linke Niere war jedoch normal durchblutet, die rechte färbte sich schlechter an.
Bei der operativen Freilegung fand sich eine Goldblattniere mit stark verschwielten Gefäßen. Nephrektomie. Postoperativ zeigte ein Aortogramm links eine normale A. renalis und eine gute Parenchymanfärbung.

e. Mißbildungen:

Dysplasie (Hufeisenniere, Nierenduplikatur, Ektopie usw.), Hypoplasie und Aplasie sind zwar teilweise auch mit den Routineuntersuchungen der intravenösen Urographie und retrograden Pyelographie zu erfassen. Vor dem chirurgischen Eingriff muß man sich aber einen Einblick in die Gefäßversorgung verschaffen. Manchmal bringt auch erst die Aortographie eine Klärung der Verhältnisse.

So berichtet z.B. ISFORT über einen Fall einer Lendenfistel, die jahrelang nicht heilte. Die Routineuntersuchungen hatten zu keinem Ergebnis geführt. Die Aortographie ergab, daß das Gebiet der Fistelendigung von feinen Ästen der A. renalis versorgt war. Die funktionslose linke Niere färbte sich nicht an.

Bei Dysplasien fällt die abnorme Gefäßversorgung auf, bei hypoplastischen Nieren ist die A. renalis dünn und hat nur wenige Äste; das Nephrogramm ist verkleinert oder fehlt. Bei Aplasie ist weder eine A. renalis noch ein Nephrogramm vorhanden.

In 9 Jahren wurde bei uns 9 mal unter dem Verdacht einer Mißbildung eine translumbale Aortographie durchgeführt, nur in einem Fall stellte sich dieser Verdacht als unbegründet heraus. 2 mal fand sich eine vollständige Nierenaplasie, 5 mal eine Hypoplasie und einmal eine hypoplastische Doppelniere. Drei hypoplastische Nieren wurden entfernt.

In einem Fall (männlich 11a) mit labiler Hypertonie (270/180 - 195/165) war die Aortographie unter dem Verdacht auf einen Nierentumor ausgeführt worden. Rechts glaubte man eine untere Polarterie zu erkennen, die A. renalis war erst stark eingeengt, dann erweitert. Im Stadium der Parenchymanfärbung zeigte sich die rechte Niere erheblich kleiner. Als Nebenbefund konnte man eine aus der A. mesenterica inferior entspringende akzessorische Milzarterie feststellen. Der Versuch einer Plastik der auf 1 1/2 cm eingeengten A. renalis mißlang, die Niere wurde entfernt.

f. Translumbale oder retrograde Aortographie zur Nierendarstellung ?

DÜX und THURN geben als Wege für die Nierenangiographie und Nachteile der Methoden an:

1. Venöse Angiocardiographie bzw. venöse Aortographie.
Die Kontrastdichte ist hier durch die Verdünnung erheblich geringer, der Zeitpunkt der optimalen Gefäßdarstellung ungewiß.

2. Direkte translumbale subdiaphragmale Aortographie.
Sie ist nach Meinung der Verf. bei tiefem Aortenverschluß oder erheblicher Sklerose bzw. Stenose der Beckenarterien anzuwenden, wenn der Katheter von der A. femoralis aus nicht vorgeschoben werden kann. Bei zu tiefer Aortenpunktion können atypisch hoch abgehende zusätzliche Nierenarterien dem Nachweis entgehen, bei zu hoher Punktion tritt eine störende Überlagerung durch Gekröseartérien auf. Die Verf. sind im Hinblick auf die zahlreichen Komplikationsmöglichkeiten (Nierenparenchymschäden und Darmnekrosen durch direkte Punktion der A. renalis bzw. A. mesenterica superior, Chylothorax, Blutungen aus dem Stichkanal, Aneurysma dissecans, Paraplegie) gegen die translumbale Aortographie eingestellt.

3. Die retrograde Kontrastmittelinjektion über eine Kanüle in der A. femoralis bei Valsalva'schem Pressversuch (LUDIN) ist u.U, bei ausgedehnter Gefäßsklerose im Beckenbereich angezeigt.

4. Die retrograde Kathetermethode mit selektiver Kontrastmittelinjektion in eine A. renalis ergibt eine mangelnde anatomische Übersicht, die Vergleichsmöglichkeiten fehlen. Wenn mehrere Nierenarterien vorhanden sind, wird nur eine dargestellt.

Nachteile der Methode:

a. Die Sondierung der Nierenarterien gelingt nicht immer
b. Gefäßverletzungen bei wiederholter Sondierung
c. Trotz kleinster Kontrastmittelmengen Parenchymschäden
d. Selbständig aus der Aorta abgehende Nierenarterien und deren Versorgungsgebiete bleiben unberücksichtigt (Fehlbeurteilung für die Hochdruck- und Tumordiagnostik)
e. Geringgradige aortennahe Stenosen der A. renalis entgehen dem Nachweis, andererseits kann das Gefäßlumen durch den Kathether bei umschriebener Stenose zusätzlich eingeengt werden, u.U. Niereninfarkt
f. Vergleich mit der anderen Seite fehlt: Ausschluß einer weiteren Nierenarterienstenose oder degenerativer intrarenaler Gefäßveränderung an der anderen Niere und funktionelle Beurteilung der Stenose und der anderen Niere hinsichtlich des Nierendurchflusses (Parenchymanfärbung) ist nicht möglich.

Die Renovasographie läßt also weder einen morphologischen noch funktionellen Vergleich zu.

5. Die retrograde Kathermethode mit Kontrastmittelinjektion über verschieden praeparierte Katheter (SELDINGER, HETTLER, ZIMMERMANN, PORSTMANN) in die Bauchaorta in Höhe der Nieren-

arterienabgänge ist nach Meinung der Verf. die Methode der Wahl.
Genaue Katheterlokalisation, gezielte Kontrastmittelinjektion ist möglich, eine störende Überlagerung durch arterielle Gefäße im Bauchraum wird vermieden. Man erfaßt so lückenlos das morphologische und funktionelle Bild beider Nieren.
TILLE hält die Aortographie nach SELDINGER für wirtschaftlicher und zeitlich und technisch weniger aufwendig als die selektive Renovasographie. Strahlenbelastung und Kontrastmittelbelastung des Organs sind geringer, die Gefahr der Fehldiagnose durch selektive Füllung einer Arterie bei aberrierenden Polgefäßen (bei etwa 23 % der Menschen vorhanden!) ist nicht gegeben. Die A. renalis ist oft schlecht sondierbar (Schrumpfniere, Stenose, Hypoplasie usw.); eine vergleichende Untersuchung ist bei der Renovasographie nicht möglich.
Als Vorteile der selektiven Katheterisierung gibt TILLE die fehlende Gefäßüberlagerung, die geringere Kontrastmittelmenge und den stärkeren Kontrast der kleineren Nierengefäße und des Parenchyms an.
Auch VOGLER und BERGMANN bevorzugen die Kathetermethode nach SELDINGER und führen eine translumbale Aortographie erst dann aus, wenn der Katheter nicht in die Aorta vorgeschoben werden kann.

In Erlangen wurde zur Nieren- und Nebennierendarstellung ausschließlich die translumbale Aortographie angewandt (in 9 Jahren 38 Fälle). Sie hat gegenüber der SELDINGER-Aortographie

den Vorteil der geringeren Strahlenbelastung, da sie viel rascher durchführbar ist.

Auch bei der Katheter-Aortographie kann das Kontrastmittel zu hoch in die Aorta injiziert werden, so daß eine Überlagerung durch Gekröse-Arterien resultiert, oder es können bei zu tiefer Injektion atypisch hoch abgehende akzessorische Nierenarterien übersehen werden. Vor der Möglichkeit physiologischer Variationen in der Gefäßversorgung der Nieren und Nebennieren ist man nie sicher. Die Gefäßüberlagerungen sind übrigens nie so störend, daß die Nierenarterien nicht mehr genau zu verfolgen wären. Die Aa. renales füllen sich rascher als die Endverzweigungen der A. mesenterica superior und die Kontrastdichte ist erheblich stärker.

Vor allem bei älteren Patienten muß mit der Möglichkeit arteriosklerotischer Veränderungen der Beckengefäße gerechnet werden, die ein Vorschieben des Katheters schwierig oder unmöglich machen. Außerdem ist die Applikation auf translumbalem Wege die einzige Möglichkeit, das Kontrastmittel bei guter Kontrastdichte ohne wesentliche Strömungsveränderungen in die Aorta zu bringen. Bei der SELDINGER-Methode wird das Kontrastmittel gegen den Blutstrom injiziert, es kommt zu Wirbelbildungen in der Höhe der Nierenarterienabgänge, und damit ändert sich auch die Nierendurchblutung.

Die translumbale Injektion gewährleistet eine weitgehend physiologische Durchströmung der Nieren.

4. Nebennierendarstellung:

Nach LUDIN stellt sich die Nebenniere bei der SELDINGER-Aortographie teils mit, teils ohne den Valsalva'schen Versuch in etwa 60 - 70 % der Fälle dar. Bei jüngeren Patienten war sie häufiger kontrastmittelgefüllt. Die relative Größe der Nebennieren, bezogen auf das Körpergewicht, sinkt mit dem Alter (Funktionsabnahme?). Hypothese: Mit der Abnahme der Durchblutung Abnahme der Darstellungshäufigkeit.
Das angiographische Bild der Nebenniere beschreibt LUDIN: Die A. suprarenalis ist meist nicht zu identifizieren. Die Nebenniere zeigt erst parallel lineare Strukturen, dann einen homogenen Schatten. Das Blut durchströmt erst die Rinde, dann das Mark. An der Niere beginnt zu diesem Zeitpunkt bereits die venöse Phase. Die Kontrastdichte ist abhängig von der Dicke der durchstrahlten Schicht, dem Gefäßreichtum und der Durchblutungsgeschwindigkeit der Nebennieren und damit der Kontrastmittelkonzentration des Nebennierenblutes. (Valsalva'scher Versuch: Verzögerte Durchblutung durch Hypotonie, die Kontrastmittelanreicherung wird so gefördert.) MÜLLER fand, daß die rechte Nebenniere in etwa 2/3 der Fälle, die linke seltener sicher auszumachen sei. Nach seiner Meinung liegt der Vorteil der angiographischen Methode in der Sichtbarmachung des eigentlichen Drüsenkörpers. Die kontrastgefüllte Nebenniere ist deutlich kleiner als die Nebenniere, die sich durch das Pneumoretroperitoneum darstellen läßt.
LELEK führt zur Objektivierung eines Phaeochromocytoms neben den klinischen Untersuchungen folgende Röntgenuntersuchungen aus:

Leeraufnahme, Pneumoretroperitoneum, intravenöse Urographie und retrograde Pyelographie. Führen diese Methoden zu keinem befriedigenden Ergebnis, so macht er eine Aortographie.
Es zeigt sich beim Phaechromocytom ein typisches Gefäßbild: Starke Vaskularisation der Geschwulst, atypisches reiches Gefäßnetz, Strömungsverlangsamung, Kontrastmittelanreicherung. Die Nebenniere stellt sich noch längere Zeit nach der Injektion als wolkiger Schatten dar.
LELEK hat mit der Aortographie auch ein paraaortal außerhalb der Nebenniere liegendes Phaeochromocytom nachweisen können. Die Aa.suprarenales füllen sich unter pathologischen Umständen häufiger. Eine A. suprarenalis im Aortogramm ist aber deshalb noch nicht pathologisch!
LELEK, SÜSSE und RADKE diskutieren eine getrennte Gefäßversorgung der Nebennierenrinde und des Marks. Die A. suprarenalis superior soll vorwiegend das Mark, die Aa.suprarenales media et inferior die Rinde versorgen. Theoretisch wäre so eine Differenzierung von Rinden- (Hyperplasie, Adenom, Carcinom) und Markveränderungen (Phaeochromocytom und Sympathicoblastom) möglich (SÜSSE, RADKE).
SÜSSE und RADKE gelang in 3 Fällen von Nebennierentumoren praeoperativ eine Lokalisierung mit Hilfe der Aortographie.

Wir führten 12 mal unter dem Verdacht auf ein Phaeochromocytom eine Aortographie durch, nachdem die klinischen Untersuchungen und die intravenöse Urographie zu keinem befriedigenden Ergebnis geführt hatten. In 11 Fällen konnte keine Nebennierenveränderung festgestellt werden. 3 mal fanden sich degenerativ

Nierenveränderungen. In einem Fall einer Patientin (17a) mit Cushing-Symptomen zeigte schon die intravenöse Urographie eine Verdrängung der rechten Niere nach unten und eine Verkleinerung. Dieser Befund wurde durch die Aortographie bestätigt. Eine eigene Gefäßversorgung des über der Niere vermuteten Tumors stellte sich nicht dar. Bei der operativen Freilegung fand sich ein 350 g schwerer Tumor; die histologische Untersuchung ergab ein Nebennieren-Adenom.

	Verdachts-Diagnose	kein pathol. Befund durch Aortographie	Aortographie-Diagnose	Operation
ere:				
Trauma	1	-	Abriß der A. renalis	Nephrektomie
Tumor	8	5	2 x Tumor 1 x Stenose der A.renalis	3 x Nephrekt.
degenerat. Veränderg.	8	5	1 x Goldblattniere 1 x Kontrollarteriographie 1 x Steinniere	2 x Nephrekt.
Mißbildung	9	1	6 x Hypoplasie 2 x Aplasie	3 x Nephrekt. 1 x op. Revision
Tumor	12	8	3 x degenerat. Veränderungen 1 x NN-Ca	1 x Entfern.d.NN

5. Extremitätenangiographie:

Mit der translumbalen Aortographie sind alle Veränderungen der abdominalen Aorta und der Extremitätenarterien gut zu erfassen.

a. Traumen

Nach einem Trauma kann es leicht zum Abriß oder zur Embolie eines Gefäßes kommen.

Bei uns wurden 3 Patienten mit Gehbeschwerden nach einem Unfall ohne einen sonstigen faßbaren pathologischen Befund aortographiert. In einem Fall handelte es sich um einen Verschluß der A. iliaca externa links, in den beiden anderen Fällen ließ sich keine Gefäßveränderung objektivieren.

Bei einem weiteren Patienten wurde nach einem schweren Autounfall unter dem Verdacht auf eine Ruptur der Aorta abdominal eine Aortographie durchgeführt. Es ergab sich ein normales Gefäßbild, wenn auch mit schwacher Füllung. Die Ruptur lag in der Aorta thoracalis.

b. Tumoren

MARGULIS und MURPHY empfehlen die Angiographie bei Neoplasmen der Extremitäten: Die Differentialdiagnose zwischen benignen und malignen Tumoren ist möglich, die Begrenzung des Neoplasmas und die Vaskularisation des Gebietes zusammen mit der Wirkung des Tumors auf die Zirkulation der restlichen Extremität kann erfaßt werden.

SCHNEPPER ist dafür, auch nach der Bestrahlung maligner Tumoren eine Kontrollangiographie durchzuführen: Bei unzu-

reichend bestrahlten Tumoren und Rezidiven finden sich in den Randgebieten typische Tumorgefäße.

RADKE konnte mit einer Arteriographie des Fußes Knochenmetastasen nachweisen, von denen die eine intraossär gelegen und auf dem Röntgenbild noch nicht zu erkennen war. Wahrscheinlich wurden die zuführenden Knochengefäße nur wegen des erhöhten Blutbedarfes der Karzinose sichtbar; normalerweise überdeckt die dichtere Knochenstruktur die nur gering kontrastmittelgefüllten Knochengefäße.

Nach TIWISANA haben die Karzinom-Metastasen gelegentlich eine homogene Kontrastanfärbung, in den langen Röhrenknochen aber nur eine kapillarvenöse Zeichnung in den Randpartien. Sarkome haben einen vermehrten Blutbedarf, die großen Arterien sind proximal erweitert, die Arterien im Geschwulstbereich verdrängt oder umwachsen. Die Tumorgefäße sind ungleichmäßig weit, oft resultiert ein ungeordnetes büschelförmiges Gefäßgeflecht, Arterien und Venen sind nicht unterscheidbar. Das Kontrastmittel verweilt länger in der Geschwulst und reichert sich in den Randpartien an.

Osteogene Sarkome liefern dieses Bild erst, wenn sie in die umgebenden Weichteile eingewachsen sind (TIWISANA). Ein solcher Fall wurde bei uns aortographisch festgestellt. Bei einer zweiten Patientin erkannte man auf dem Röntgenbild eine Verdünnung der Corticalis der Tibia mit unscharfer Kontur und Aufhellungen, in den umgebenden Weichteilen waren feine wabenförmige Verkalkungen zu finden. Das Angiogramm zeigte an der gleichen Stelle Gefäßreichtum und verwaschene Anfärbung des Tumors, der also als Sarkom imponierte. Nach der Operation

stellte sich aber heraus, daß es sich um eine gutartige Riesenzellgeschwulst handelte, die nach TIWISANA keine Eigengefäßzeichnung hat,

Lipome und Fibrome erkennt man oft nur durch Verdrängung der Nachbargefäße, manche sind aber gut vaskularisiert.

Angiofibrome des Knochens haben weitkalibrige, geschlängelte Gefäße mit glatten und regelmäßigen Konturen. In der kapillaren und venösen Phase zeigen die Tumoren eine diffuse Anschoppung und knollige Berandung.

Das Angiochondrom hat zuführende arterielle Verzweigungen in der Geschwulstperipherie, die sich in ein geordnetes Gefäßnetz verästeln.

Rein arterielle Angiome bestehen aus sackförmigen Gefäßausstülpungen der mittleren Arterien. Diese atonischen arteriellen Geflechte haben keinen unmittelbaren Anschluß an das venöse System.

Beim arteriovenösen Angiom fließen die weitmaschigen Blutseen unter Umgehung des Kapillarbettes direkt in die Venen ab. Die Durchblutung der Peripherie ist dabei gemindert (TIWISANA).

Eine Patientin (14a) mit einem arteriovenösen Angiom des Fußes (Haemangioma racemosum) wurde bei uns 3 mal aortographiert. Im Angiokymogramm zeigte sich eine frühzeitige venöse Füllung am Ober- und Unterschenkel von distal nach proximal. Man konnte multiple arteriovenöse Kurzschlüsse im Bereich der A. dorsalis pedis und der A. tibialis posteri erkennen.

c. Aneurysmen

AURIG und RADKE fanden die translumbale Aortographie allen anderen Methoden (Abdomenübersichtsaufnahme, Pneumoperitoneum, Kymographie, Magendarmpassage, Ausscheidungsurographie: Verdrängungserscheinungen an Darm, Nieren und Ureter) für die Diagnostik von Aortenaneurysmen überlegen. "Sie gibt genaue Auskunft über Lokalisation, Ausdehnung, Gestalt und Funktion des Aneurysmas. Weiter ermöglicht die Serienaortographie Einblicke in die haemodynamischen Strömungsverhältnisse innerhalb der aneurysmatisch erweiterten Gefäße, die stets im Sinne einer verlängerten Verweildauer des Kontrastmittels verändert sind".

Wir stellten bei 3 Patienten aortographisch Aneurysmen der A. femoralis fest. In einem Fall handelte es sich um ein arteriovenöses Aneurysma der linken A. femoralis, einmal um ein Aneurysma der A. iliaca externa und femoralis nach Bypass-Operation, und bei dem 3. Patienten um ein Aneurysma der A. femoralis beiderseits.

Ein weiterer Patient mit einem Aneurysma der A. iliaca externa und femoralis bis zur Abgangsstelle der A. profunda femoralis wurde im ganzen 8 mal aortographiert. Nach der ersten Kontrastdarstellung wurde eine plastische Operation ausgeführt.

2 postoperative Kontrollen zeigten gute Gefäßverhältnisse.

3 weitere Aortographien ließen die allmähliche Ausbildung eines arteriovenösen Aneurysmas der A. iliaca communis zur Vena cava erkennen. Eine 2. plastische Operation wurde vorge-

nommen. 2 Kontrollaortographien zeigten gute Strömungsverhältnisse.
Bei einem Patienten, der 2 mal aortographiert wurde, handelte es sich um multiple Aneurysmen an allen größeren Arterien, die wahrscheinlich auf eine Intima- und Mediaschädigung der großen Gefäße im Gefolge eines anaphylaktischen Schockes zurückzuführen sind.

d. Embolien

LODIN befürwortet die Aortographien "bei frischen Aortenembolien, bei denen eine genaue klinische lokalisatorische Diagnose nicht möglich ist und dem Patienten die Untersuchung zugemutet werden kann. Die Aortographie muß so schnell wie möglich durchgeführt werden, um die Embolektomie nicht zu verzögern". Um rasch handeln zu können, muß praeoperativ die genaue Verschlußlokalisation (meist an den Gefäßgabelungen) bekannt sein. Dies ist nur durch Aortographie möglich.
Bei uns wurde 6 mal ein embolischer Verschluß aortographisch festgestellt (1 mal A. iliaca interna bis in die Aorta, 4 mal A. femoralis, 1 mal A. poplitea). 4 mal wurde die Embolektomie ausgeführt. Bei einer Embolie bricht die Kontrastsäule an der Stelle des Verschlusses abrupt ab; es ist noch nicht zu einer Kollateralbildung gekommen.

e. Chronische arterielle Durchblutungsstörungen

Sie stellen das größte Indikationsgebiet der translumbalen Aortographie dar.

Bei uns wurden in 9 Jahren an 396 Patienten 518 translumbale Aortographien unter dem Verdacht auf chronische arterielle Durchblutungsstörungen der Extremitätenarterien durchgeführt. Nur bei etwa 100 Gefäßdarstellungen konnte weder ein morphologischer noch funktioneller pathologischer Befund erhoben werden.

EXTREMITÄTEN

	Verdachts-Diagnose	kein pathol. Befund durch Aortographie	Aortographie-Diagnose	Operation
auma	4	3	1 x Verschluß d. A.iliaca links	-
mor	6	1	3 x Haemangiom 1 x Sarkom 1 x Riesenzell-geschwulst	Entfernung d.Riesen-zellge-schwulst
eurysma	2 multiple Aneurysmen	-	2 x multiple Aneurysmen	-
aorta	3	2	1 x Hyper-nephrommetast.	Entf. d. Metastase
a.iliaca	9	1	8	2 x Plastik
a.femoralis	7	4	3	-
erielle chblutungs-rungen mbolie	9	3	6	4 x Embol-.ektomie
hronisch	518	103	415	39

RATSCHOW unterteilte die peripheren Durchblutungsstörungen in "Angioorganopathien" (Prototyp Arteriosklerose) und "Angioneuropathien" (Prototyp M. Raynaud).
Auch PÄSSLER unterscheidet bei den chronischen Gefäßleiden "vorwiegend organisch bedingte Gefäßwandprozesse" (Endangitis, Arteriosklerose, Angiopathia diabetica, Periarteriitis nodosa) und "vorwiegend funktionell bedingte Durchblutungsstörungen" (M. Raynaud, neurovasales Syndrom, Akrozyanose, Erythralgie, Anklopferkrankheit) und stellt sie den akuten Arterienlaesionen durch Embolie, Arterienverletzung und Erfrierung gegenüber.
Organische Gefäßwandprozesse sind nur in den Anfangsstadien histologisch voneinander zu unterscheiden, im weiteren Verlauf gleichen die Bilder einander immer mehr. MEYER spricht von einer "unspezifischen Standardreaktion der Intima".
Klinisch verlaufen die entzündlichen Prozesse meist schubweise foudroyant mit Beginn im 3. - 4. Lebensjahrzehnt, die Arteriosklerose hingegen über Jahrzehnte langsam progredient mit Bevorzugung älterer Patienten,
Durch das aortographische Bild ist keine Unterscheidung der entzündlichen und degenerativen Prozesse möglich.

Untersuchungsmethoden bei peripheren Durchblutungsstörungen:

1. Abtasten der peripheren Pulse an der A. femoralis,
   A. poplitea tibialis posterior und dorsalis pedis.
   Diese einfache Untersuchung gibt eine grobe Orientierung über die Durchblutungsverhältnisse der Extremität. Die

Methode ist subjektiv.

Bei tastbaren Pulsen kann zwar ein durch Kollateralen gut kompensierter Verschluß vorhanden sein, ein grobes Mißverhältnis zwischen Blutbedarf und Blutangebot dürfte aber nicht bestehen.

2. Lagerungsprobe nach RATSCHOW.

Bei Hochlagerung der Beine wird im Falle einer Mangeldurchblutung der Fuß blaß, der Patient hat Schmerzen. Die reaktive Hyperaemie durch Hängenlassen der Beine tritt beim Gefäßkranken später ein als beim Gesunden (normal etwa 5 sec).

Die Lagerungsprobe gestattet ebenso wie die

3. Gehstreckenmessung bzw. Ergometrie eine grobe funktionelle Beurteilung. Feinere funktionelle Diagnostik: Prüfung der Innervationslage.(Bei Labilität des Vegetativums ist die Sympathektomie erfolgversprechend)

4. Temperaturmessung vor und nach Sympathicusblockade.

5. Photoelektrische Registrierung der peripheren Volumenpulse vor und nach Sympathicusausschaltung.

6. Bestimmung der Pulswellengeschwindigkeit

7. Oszillographie. Bilaterale synchrone Messung der pulsatorischen Schwankungen. Ruhe- und Arbeitsoszillogramm. Ein normales Oszillogramm schließt einen hoher gelegenen Verschluß mit gutem Kollateralkreislauf nicht aus. Oft zeigt das Oszillogramm der einen Extremität mit beginnendem

Gefäßverschluß niedrigere Ausschläge als das der anderen Extremität mit vollständigem Ausfall des Stammgefäßes.

8. Rheographie.

Vorteile der translumbalen Aortographie gegenüber konservativen Untersuchungen:

Die Angiographie ist die einzige Methode, die mit Sicherheit eine Unterscheidung der organischen arteriellen Gefäßleiden von allen anderen Erkrankungen erlaubt, die mit ähnlicher Symptomatik (statische Beschwerden) einhergehen, wie Gelenkprozesse, Venenerkrankungen und spastisch-funktionelle Durchblutungsstörungen.
Darüber hinaus ist die Gefäßdarstellung die Methode der Wahl, um die Indikation für einen operativen Eingriff an den Gefäßen zu stellen.
Sie gibt Auskunft:

1. Über die Zahl, Lokalisation und Ausdehnung der Verschlußherde
2. Über die Beschaffenheit des Kollateralkreislaufes
3. Über die sonstige morphologische Wandbeschaffenheit der Gefäße (RATSCHOW, HASSE).

Man hat versucht, mit Hilfe der genannten Untersuchungsmethoden und der Anamnese Schlüsse auf die genaue Lokalisation des Gefäßprozesses zu ziehen.

So unterscheidet TOTTEN 7 Typen chronischer Arterienveränderungen, denen er jeweils eine bestimmte Symptomatik zuschreibt: Aortenverschluß, Iliacalverschluß, Iliacalstenose, bilateraler Hypogastricaverschluß ohne Stenose, Verschluß der A. femoralis communis und profunda femoralis, Verschluß der A. femoralis superficialis und Poplitea, Verschluß der A. tibialis und fibularis.
Auch ZETTLER beschrieb 7 Verschlußtypen mit charakteristischen Beschwerden und Befunden.
RATSCHOW unterscheidet 4 Typen:

1. Peripherer Verschluß: Intermittierendes Hinken, trophische Störungen an den Zehen
2. Oberschenkelverschlußtyp: Intermittierendes Hinken relativ spät auftretend
3. Beckenverschlußtyp bzw. Leriche-Syndrom: Ischiasähnliche Schmerzen, intermittierendes Hinken, Impotenz, trophische Störungen der Haut an den Füßen, Muskelatrophie
4. Hoher Aortenverschluß

Eine genaue Verschlußlokalisation ist auch aus der Symptomatik nicht möglich. Die Beschwerden sind nicht nur vom Sitz des Herdes, sondern auch von seiner Ausdehnung und der Entwicklung der Kollateralen abhängig.
Ein operativer Eingriff am Gefäßsystem hat nur dann Aussicht auf Erfolg, wenn sowohl der proximal vom Verschluß gelegene Gefäßabschnitt als auch der distale nicht wesentlich verändert sind, und wenn der Abbruch nicht zu weit peripher

an zu dünnen Gefäßen liegt. Dadurch wird der Patientenkreis, bei dem eine Operation lohnend ist, erheblich eingeengt. Ob im Einzelfalle die Voraussetzungen für eine operative Therapie erfüllt sind, kann nur durch die Arteriographie festgestellt werden.

Bei ~~den~~ 415 der von uns unter dem Verdacht auf chronische arterielle Durchblutungsstörungen durchgeführten 518 Aortographien fanden sich 797 Gefäßverschlüsse in folgenden Lokalisationen:

	Verschluß einseitig	Verschluß beidseitig	Verengerungen
Aorta	16	-	44
A.il.com.	33	11	109
A.il.int.	24	15	50
A.il.ext.	32	14	58
A.fem.c.	22	6	56
A.superf.	180	104	222
A. prof.	13	5	28
A.popl.	42	13	75
U.Schenkel	55	44	22

Ziemlich genau die Hälfte aller Verschlüsse und ein Drittel aller Gefäßveränderungen liegen im Bereich der A. femoralis superf., hier wieder mit besonderer Bevorzugg des Adduktorenschlitzes. Etwa 25 % aller Verschlüsse liegen oberhalb des

Leistenbandes, rund 20 % unterhalb des Kniegelenkes. (ZETTLER fand 2/3 der segmentierten Gefäßverschlüsse oberhalb und 1/3 unterhalb des Kniegelenkes; die Hälfte lag in der A. femoralis.)

Operative Behandlung der Verschlüsse:

	Bypass (Autopl.oder Transpl.) .iliofem.	.fem.	Endarterektomie	Kontrolle
1956-60	3	11 (1 gelingt nicht)	1	14
1961	1	7 (2 gel. nicht)	-	4
1962	1	7 (3 gel. nicht)	-	4
1963	1	1	1	-
1964	1	4	-	1
gesamt	7	30 (6 gel. nicht)	2	23

Im ersten Augenblick erscheint die Anzahl der operativen Eingriffe sehr gering. Immerhin wurde aber bei 39 Patienten eine Operation versucht, d.h. 9,4 % der Aortographien bei peripheren Durchblutungsstörungen hatten eine chirurgische Therapie zur Folge und in 33 Fällen gelang der Eingriff. Für das relativ junge Gebiet der Gefäßchirurgie ist dies ein sehr erfreulicher Anfang.

Vorteile der translumbalen Aortographie gegenüber der Femoralisarteriographie:

Muß man nun unbedingt das Kontrastmittel in die Aorta injizieren, um die peripheren Gefäße sichtbar zu machen?

Genügt es nicht auch, eine Femoralisangiographie durchzuführen?

Dies ist grundsätzlich zu verneinen.

1. An den Beckengefäßen und an der Aorta liegende Veränderungen werden bei der Aortographie mit dargestellt. LOOSE fand bei 475 Patienten Verschlüsse im Beckenbereich in folgender Verteilung: Aorta 1,6 %, A. iliaca com. 10,3 %, A. iliaca int. 21,3 %; A. iliaca ext. 17 %; Totalverschluß aller Iliacalarterien 6,4 %.

SCHMITZ-DRAEGER beobachtete in 16 Monaten 27 unvollständige Aortenverschlüsse mit Beckenarterienverschlüssen und 8 vollständige Aortenverschlüsse.

Bei uns lagen 25 % aller Verschlüsse oberhalb des Leistenbandes.

2. Nierenveränderungen.

VAN VELZER, BURGE und MORRIS machten 821 Aortographien, meist zur Abklärung peripherer Durchblutungsstörungen, und fanden 416 mal eine Stenose der A. renalis, also in etwa 25 % der Fälle. Bei 358 Patienten bestand bereits eine Hypertonie.

HILLENBRAND und FORST kamen zu dem Ergebnis, daß "bei peripheren Durchblutungsstörungen, insbesondere bei der Endangitis obliterans, aortographisch nachweisbare Nierenveränderungen vorliegen können. Diese kommen dann sowohl an den größeren Gefäßen (Lumeneinengung und dgl.) als auch am Organschatten der Niere (Schrumpfniere, Infarzierung) zur

Darstellung. Bei fortgeschrittner Endangitis obliterans ist die Nierenbeteiligung durch einfache klinische Untersuchungsmethoden (RR, Rest-N, Volhard'scher Wasserversuch, Harnuntersuchung) nachweisbar".
Bei uns konnte nur in 4 Fällen ein Nierenbefund erhoben werden (2 x Stenose der A. renalis, 1 x extrem gestreckter Verlauf, 1 x gedoppelte Nierenarterie). Es ist aber anzunehmen, daß in viel mehr Fällen eine Nierenbeteiligung vorlag, die Tatsache wurde sicher viel zu wenig beachtet. Nur bei 50 Aortographien bei peripheren Durchblutungsstörungen lag die Einstichstelle nachweisbar oberhalb der Nierenarterienabgänge, in allen anderen Fällen wurde entweder tiefer punktiert, oder die Aa.renales waren auf der Aufnahme nicht abgebildet. Es ergibt sich also auch bei uns eine Nierenbeteiligung von etwa 8 %.

3. Gefäßprozesse sind oft nicht lokalisiert.
Durch die Femoralisarteriographie werden häufig proximal gelegene Verschlüsse nicht erkannt, die A. femoralis ist über Kollateralen wieder gefüllt, der Puls ist palpabel.
PORSTMAN fand bei 243 Aortographien (SELDINGER) in 12,5 % gleichzeitig Verschlüsse der Beckenarterien.
Meist sind die Veränderungen oder Verschlüsse auch nicht auf eine Extremität beschränkt. Wir fanden bei 285 Aortographien Gefäßveränderungen am Becken und Bein bzw. an beiden Beinen gleichzeitig. Nur in 111 Fällen blieb der Prozess streng

lokal:

lokal 111 = 28 % generalisiert 285 = 72 %

HERWIG meint: "Bei mindestens einem Drittel der Patienten mit chronischen arteriellen Durchblutungsstörungen ist mit Gefäßveränderungen im Beckenbereich oder beidseitigen Prozessen zu rechnen".

4. Die Kollateralen, die oberhalb der Femoralis-Punktionsstelle entspringen, werden nicht dargestellt.

"Die Kompensationsmöglichkeit eines Verschlusses ist abhängig von der Lokalisation und der Ausdehnung dieses Verschlusses. - Die Kollateralen entwickeln sich vorwiegend aus großen anatomisch bekannten Anastomosen. Vereinzelt finden sich daneben, besonders bei kurzen Segmentverschlüssen, Brückenanastomosen, die die Gefäßstümpfe direkt miteinander verbinden". (HASSE, DEMBOWSKI)

Solitäre Arterienverschlüsse und ihre Kollateralbahnen:

Verschlüsse im Beckenbereich:

Große Beckenarterien und distale Aorta:

1. Untere Aa.lumbales erweitert, Abfluß über die A. iliolumbalis zur A. iliaca int., von hier über die A. circumflexa ilium prof. zur A. iliaca ext.
2. Von der A. epigastrica sup. zur inf.
3. Von der A. mesenterica inf. zur A. rectalis sup. → inf., von hier zur A. iliaca int.

Schreitet die Aortenthrombose fort:

A. mesenterica sup. → inf. (RIOLAN'sche Anastomose) usw. s. oben.

Beidseitiger Verschluß der A. iliaca int.:
A. lumbalis IV oder A. mesenterica inf. → A. circumflexa iliumprof. → A. circumflexa fem. tib.
Totalverschluß der A. iliaca ext.:
Kollateralkreislauf über die A. obturatoria und Aa.glutaeae zur A. circumflexa fem. tib.

Verschlüsse im Oberschenkelbereich:

Je höher der Verschluß der A. femoralis liegt, desto günstiger sind die Kompensationsmöglichkeiten über die Aa.perforantes und den Ramus descendens der A. circumflexa fem. tib.
Bei kurzen Segmentverschlüssen kommt es oft zu kräftigen Brückenanastomosen.

Verschlüsse im Kniebereich:

Bei allmählichem Verschluß gute Kompensation über das Rete articulare genus, bei akutem Verschluß ist die Versorgung schlecht. Weiter distal liegende Kollateralen werden unter normalen Bedingungen bei der translumbalen Aortographie nicht dargestellt.
Um diese sichtbar zu machen, müßte man eine Femoralisarteriographie anschließen. Da aber die Gefäße unterhalb des Kniegelenkes für eine plastische Operation wegen ihres geringen Kalibers nicht mehr in Frage kommen, ist ihr genauer Verlauf nicht sehr interessierend. Alle Kollateralen, die oberhalb der Femoralis-Punktionsstelle ihren Ausgang nehmen, also

alle Kollateralen bei Verschlüssen oberhalb des Leistenbandes bzw. der Femoralis-Teilungsstelle, werden bei der Femoralisarteriographie nicht dargestellt.

Bei uns fanden sich folgende Kollateralkreisläufe:

Art	Anzahl	ohne Ansch.	A.il. com.	A.il. ext.u.int.	fem.c.	sup.	prof.	popl.	USch
A.mes.inf.	1	1	-	-	-	-	-	-	-
A.lumbales	18	1	2	3	6	2	3	1	-
A.il.int.	24	7	-	-	10	-	6	-	1
A.circumfl.fem.p.	9	1	-	-	5	-	-	3	-
A.prof.fem.	302	51	-	-	-	145	-	94	12
Kniegel.	14	8	-	-	-	-	-	2	4

5. Seitenvergleich:

"Die Extremitätengefäße lassen sich rechts und links nicht nur in morphologischer Hinsicht genau vergleichen, sondern auch funktionelle Verschiedenheiten werden besser als durch irgendeine andere Methode erfaßt" (DE RÉUS).

Oft findet sich ohne morphologisch faßbaren Befund an einer Extremität eine Strömungsverlangsamung, die vielleicht bereits als Vorstufe eines Gefäßprozesses zu gelten hat.

Wir fanden eine solche Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit in 49 Fällen. Sie ist bei einer translumbalen Aortographie mit gleichzeitigem Kontrastmitteldurchfluß durch beide Extremitäten nicht zu übersehen.

Man könnte dem entgegenhalten, ein Unterschied in der Strömungsgeschwindigkeit ließe sich auch durch eine beidseitige Femoralisarteriographie erfassen. Die einzeitige Darstellung beider Aa.femorales ist mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden (2 Operateure, 2 Injektionssysteme usw.), "Seitenvergleiche der Extremitätenarterien sind aber nur bei simultaner Darstellung beider Beine zulässig" (BÜCHNER). Das Kontrastmittel hat einen gefäßerweiternden Effekt (SGALITZER 1937, PORSTMANN). Deshalb können bei der nacheinanderfolgenden Darstellung beider Beine Schwankungen im Gefäßlumen zwischen links und rechts nie sicher verwertet werden, da nicht festzustellen ist, ob die Differenz in der Weite der Gefäße (und damit die unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeit) nicht auf der Wirkung der ersten Kontrastmittelinjektion beruht (BÜCHNER).

6. Bei der translumbalen Aortographie macht man durch eine Punktion und Injektion ein Gefäßgebiet sichtbar, zu dessen Darstellung man sonst mehrere Punktionen und Injektionen benötigte (DE REUS). Bei gleichem Ergebnis sind die injizierte Kontrastmittelmenge und die Strahlenbelastung erheblich geringer.
PORSTMANN erreichte in 90 % der Fälle eine einzeitige Gefäßdarstellung von den Nierenarterien bis zum Unterschenkel.

Vorteile der translumbalen Aortographie gegenüber der Katheteraortographie:

Als Vorteile der translumbalen Aortographie in der Diagnostik der peripheren Durchblutungsstörungen gegenüber der retrograden Aortographie sind die oben erwähnten Punkte zu wiederholen:

1. Geringere Strahlenbelastung
2. Ungefährlicher bei Arteriosklerose im Beckenbereich
3. Geordnete Strömungsverhältnisse

DE REUS führt als weitere Vorteile an:
"Durch die Aortenpunktion treten keine oder weniger vasomotorische Reaktionen in dem zu untersuchenden Gebiet auf, da die Aorta weniger Muskelfasern enthält. Die Angiogramme zeigen also ein weniger verzerrtes Bild der Wirklichkeit. Die manchmal heftigen Reaktionen (auch bei allgemeiner Anaesthesie), die bei zu schneller Injektion des Kontrastmittels in die A. femoralis auftreten können, werden bei der Aorta nicht beobachtet. Nach REBOUL werden diese Reaktionen zum größten Teil verursacht durch Dilatation der Arterien bei schneller Kontrastmittelinjektion. Die Extremitätengefäße sind dafür angeblich besonders anfällig".

D. KOMPLIKATIONEN UND GEFAHREN DER AORTOGRAPHIE

s. Tab. I, S. 100

Schon bald nach der Einführung der translumbalen Aortographie durch DOS SANTOS berichtete man über die ersten Zwischenfälle. Aus Angst vor den möglichen Komplikationen wurde die Methode von vielen Untersuchern wieder verlassen.

I. Narkosegefahren

Meist wendet man bei der translumbalen Aortographie eine Allgemeinanaesthesie an; die Lokalanaesthesie mit praeoperativer Sedierung, wie sie MELICK, BYRNE und BOLER propagierten, konnte sich nicht durchsetzen. Deshalb birgt die Methode der translumbalen Aortographie alle Narkosegefahren in sich, wenn auch bis jetzt in der Literatur nur wenige Fälle bekannt wurden und bei der heutigen Narkosetechnik kaum mehr mit Zwischenfällen zu rechnen ist.
LARSSON und PALMLÖV berichteten einen Fall von generalisiertem Spasmus und einen Fall einer basalen Atelektase nach Allgemeinanaesthesie.
SZILAGYI, SMITH, MACKSOOD und EYLER beobachteten 15 mal einen Laryngospasmus und eine Subarachnoidealblutung.
MELICK, BYRNE und BOLER sahen Zyanose und Pulsbeschleunigung unter Allgemeinanaesthesie.
MC AFEE berichtete über zwei Fälle von Laryngospasmus mit schwerer Zyanose nach Natriumpentothal-Narkose. Die

Anaesthesie dauert angeblich nach einer Aortographie länger und ist tiefer als gewöhnlich. MC AFEE läßt offen, ob die Narkose während der Injektion wirklich tiefer sein muß als bei anderen chirurgischen Eingriffen, oder ob ein Synergismus des Kontrastmittels mit dem Narkotikum besteht.

Bei uns wurde einmal 1961 ein Kollaps beobachtet. Es ist nicht mehr zu eruieren, ob er auf die Narkose zurückzuführen war. Der Eingriff wurde abgebrochen.

II. Technische Fehler als Komplikationsursache

Veränderungen an den Gefäßen durch den Einstich sind weitgehend von der Punktionstechnik abhängig.

RIMPSAU und SEILS geben Hinweise für ein möglichst schonendes Vorgehen.

Das Nadelkaliber soll dem Gefäßquerschnitt angepaßt sein, die Punktionskanüle soll scharfe Ränder und eine kurze und steile Abschrägung haben. Um ein Aufschlitzen des Gefäßes zu vermeiden, muß die Nadel langsam herausgezogen werden. Der Stichkanal schließt sich durch einen Gerinnungspfropf, es entsteht ein Resorptionsgewebe und später eine Narbe. RIMPSAU und SEILS beobachteten öfters eine geringgradige örtliche Fibrose der Adventitia, einmal sogar eine Intimasklerose nach Punktion. (Untersuchungen an der A. carotis)

1. Paravasate:

Sie sind wohl die häufigste Komplikation. DENSTAD bewies, daß sie zwar für 24 Stunden starke Schmerzen verursachen können, aber keinen bleibenden Schaden hinterlassen. Früher, als man noch Thorotrast verwendete, konnte es zu Verschwielungen um die Punktionsstelle herum kommen. HASSE, LINKER, DEMBOWSKI und REES bestimmten im Tierversuch die Resorptionszeiten für verschiedene Kontrastmittel, die intramuskulär appliziert wurden. Urografin wurde am schnellsten resorbiert. Die Paravasate führten weder zu lokalen noch zu allgemeinen Schäden. Röntgenologisch waren sie 1 1/2 - 2 Stunden nachweisbar.
Bei uns wurden 19 mal Paravsate beobachtet. Sie waren klinisch völlig symptomlos.

2. Intramurale Injektion:

Im Gegensatz zum Paravasat kann die intramurale Injektion schwerwiegende Folgen haben. Das Kontrastmittel verteilt sich in der Aortenwand und gibt zur Fehldiagnose "Aortenverschluß" Anlaß. Unter Umständen wird eine zweite Injektion vorgenommen, so daß nun schon die doppelte Kontrastmittelmenge intramural liegt. Differentialdiagnose von Aortenverschluß und intramuraler Injektion (SCHÖLZEL):

a) Bei Verschluß Kollateralkreislauf
b) Bei Verschluß vermischt sich das Kontrastmittel mit dem Blut in der Aorta, unterschiedliche Dichte zwischen

Kontrastmittel in der Nadel und Kontrastmittel in der Aorta

c) Bei Aortenverschluß verweilt das Kontrastmittel nie an der Kanülenspitze, sondern fließt über höher gelegene Aortenäste und über Kollateralen ab.

Komplikationen bei intramuraler Injektion:
Das Kontrastmittel breitet sich in der Aortenwand nach proximal und distal aus und kann zur Einengung oder Blockierung von Aortenästen führen. Außerdem kann bei einer arteriosklerotisch veränderten Aorta durch den Injektionsdruck bei einer intramuralen Nadellage ein Aneurysma dissecans entstehen.

Autor	Komplikation d.intramuralen Injektion
WAGNER, PRICE	Einengung der A. mes. sup., Thrombose, Darmgangrän
GAYLIS, LAWS	Aneurysma dissecans in 2 Fällen
TAKARO, PEASLEY, MCKEEL, WILHERSON	Aneurysma dissecans, das zur schlaffen Lähmung führte
RIMPSAU, SEILS	Aneurysma dissecans

3. Blutungen aus der Punktionsöffnung:

PALMLÖV und LARSSON berichteten von 4 Patienten, die 18 Stunden bis 4 Monate nach der Aortographie starben. Zwei Patienten hatten Haematome; die Punktionsstelle war in allen Fällen nicht mehr sichtbar.

RIMPSAU und SEILS beobachteten nach Carotisangiographien fast immer geringe Blutungen in die Gefäßscheide und die umgebende Muskulatur.

WEISS wies darauf hin, daß beim Herausziehen der Nadel kleine Blutungen entstehen können, die 8 - 10 Tage sichtbar sind; größere Blutungen sind äußerst selten. Selbst die Punktion durch einen atheromatösen Herd soll ohne Folgen sein.

DOS SANTOS sah unter 1 500 Fällen eine Nachblutung.

SOMMER und SCHÖLZEL beobachteten einmal ein Nierenhaematom mit tödlichem Ausgang.

Auch bei MCAFEE starb ein Patient mit periaortalem Haematom.

Mehrere Punktionen bei einer Aortographie vergrößern die Wahrscheinlichkeit, daß sich ein Haematom bildet.

Um größere Blutungen zu vermeiden, sollte man

a) Patienten mit Blutungsneigung nie aortographieren,
b) Kein Aneurysma und keinen arteriosklerotischen Herd punktieren
c) Den Patienten nicht mehr bewegen, wenn die Nadel einmal in der Aorta liegt
d) nur einmal punktieren.

Bei uns wurde 4 mal eine Haematombildung ohne weitere Folgen beobachtet.

4. Gefäßverschlüsse:

SOMMER und SCHÖLZEL berichten über einen Fall einer aszendierenden Aortenthrombose, die schließlich zum Tode

führte. Auf einen alten organisierten Thrombus hatte sich ein frischer aufgepfropft, der die Aa.renales und die A, mesenterica sup. verlegte. Wahrscheinlich kam es durch Kontrastmittelreizung zu einer Wandschädigung und dann zur Thrombose.

WEISSLEDER, SCHOOP und KLÖSS beobachteten einen akuten Femoralisverschluß bei einer Arteriographie. Sie führten das Ereignis auf eine Intimaablösung durch die Punktion und eine Einengung des Lumens durch das abgelöste Gewebsstück mit nachfolgender Thrombose zurück.

5. Punktion anderer Organe und Gefäße:

a) Darmperforation (Kein Fall beschrieben, immer nur Vermutungen!)

b) Verletzung der Pleura: Pneumothorax, Haematothorax

c) Ductus thoracicus: Chylothorax
"Den Verdacht auf Chylothorax sollte man immer bei Respirationskomplikationen nach Aortographie haben" (COOK, FLAHERTY, WILLMARTH, LANGELIER). Im ganzen sind in der Literatur bisher 4 derartige Komplikationen beschrieben.

d) Venenpunktion

e) Punktion und selektive Füllung einer Arterie.
Oft bleibt diese Tatsache ohne Folgen, wie dies bei unseren 4 selektiven Füllungen einer Arterie (darunter 1 x A. renalis, 1 x A. mesenterica sup., 1 x A. iliaca com) der Fall war. Vor allem dann treten keine Komplikationen

auf, wenn nur eine geringe Kontrastmittelmenge injiziert wird.

Um die Injektion des gesamten für die Aortographie benötigten Kontrastmittels in einen Seitenast der Aorta zu vermeiden, applizieren mehrere Untersucher (SCHRADER, GADERMANN, WYLIE, GUINESS) das Kontrastmittel durch zwei Kanülen, die sie in verschiedener Höhe der Aorta einführten. Die Wahrscheinlichkeit, daß beide Nadeln in den gleichen Aortenast zu liegen kommen, ist dann sehr gering. Wenn nur eine Nadel in einem Nebenast liegt, wird immerhin nur die Hälfte des Kontrastmittels selektiv injiziert. Außerdem bieten 2 Kanülen die Möglichkeit einer Höheren Injektionsgeschwindigkeit; dies ist vor allem für viskösere Kontrastmittel wie Urografin von Vorteil.
Diese Methode wurde auch bei uns 7 mal angewandt.
Damit ein organischer Schaden durch selektive Injektion in eine Arterie zustande kommt, müssen mehrere Faktoren zusammentreffen. Die Konzentration des Kontrastmittels muß höher sein als normal. Dies wird nur erreicht durch eine zu hohe oder zu hochprozentige Kontrastmitteldosis oder eine herabgesetzte Strömungsgeschwindigkeit des Blutes in der betreffenden Arterie.

Um die genannten Komplikationen zu vermeiden, sollte man:
1. Möglichst multiple Punktionen und Injektionen umgehen,
2. Entweder oberhalb des Abganges der Aa.renales, des Truncus coeliacus und der A. mesenterica sup. (BWK 11-12) oder unterhalb des 2. LWK punktieren. Nach Untersuchungen

von LAUFMAN, BERGGREN, FINLEY und ANISON sind die sichersten Punktionsstellen hinsichtlich des Abganges der Aa.lumbales das untere Drittel des 12. BWK oder das mittlere Drittel des 2. LWK.

3. Eine Probeaufnahme nach der Injektion einer geringen Kontrastmittelmenge machen, um sich über die Nadellage zu orientieren.
4. Bei Verdacht auf einen hochsitzenden Verschluß in der Aorta oder den großen Beckenarterien eine geringere Kontrastmittelmenge injizieren.

Autor	Kontrastmittel	punktiertes Gefäß	Folgen
COOK, FLAHERTY, WILLMARTH, LANGELIER		Ductus thoracicus	Chylothorax
SCHWARZ		Ductus thoracicus	Chylothorax, Exitus
SHAPIRO		Vena cava	Atemstillstand
PIGEON, LEFEBORE, CARTIER, GENEST	40 ccm 70 % Urokon	A. renalis	rapide Nierenatrophie einseitig
PADHI	60 ccm 70 % Urokon	A. mesent. inf.	Darmgangrän, Exitus
GUILFOIL	40 ccm 70% Ur.	A. mesent. sup.	Darmgangrän
WILDER, STEIDEN	35 ccm 70% Ur.	A. mesent. sup. A. coeliaca	weitg.eingeengt, Spasmus, Darmgangrän, Exitus
DEMOULIN	trijod.Verbdg	?	4 x discovert. Nekrose
WAGNER, PRICE	40 ccm Na-J	A. mesent. sup.	Darmgangrän, Exitus
BAURYS		A. lienalis	Schmerz
SHAPIRO		A. lienalis	Schmerz

III. Kontrastmittelreaktionen und -schäden

s. Tab. II, S. 101

Dies sind die gefürchtesten Komplikationen.

In den Anfängen der Arteriographie benutzte man als Kontrastmittel anorganische Salze in öliger Lösung (z.B. Wismutöl, Strontiumbromid, Lipiodol), bis von BROOKS das Natriumjodid in wäßriger Lösung eingeführt wurde. Es galt anfangs als völlig ungefährlich; DOS SANTOS berichtete als erster über ernsthafte Komplikationen, ja sogar vier Todesfälle auf Natriumjodid. Dann häuften sich die Angaben über alle möglichen Zwischenfälle, die auf das Kontrastmittel zurückzuführen waren. Das Thorotrast, das man daraufhin anwandte, war wegen der erheblichen Strahlenbelastung noch viel weniger brauchbar. Vereinzelt wurde nun sogar versucht, mit Sauerstoff und CO_2 (LEMAIRE 1948 O_2, GROSSE-BROCKHOFF 1957 CO_2) eine Gefäßdarstellung zu erreichen. SCHMIDT und DEUPMANN berichteten 1959, daß nach O_2-Insufflation in die A. femoralis Wandveränderungen und Verschlüsse im Bereich der A. femoralis mit Sicherheit röntgenologisch darzustellen sind, an der A. poplitea und an den Unterschenkelgefäßen ist eine sichere Verschlußdiagnose hingegen nicht mehr möglich, mit CO_2 ist eine solche überhaupt nicht zu erreichen.

In letzter Zeit wurden ausschließlich organische Jodkomplexe als Kontrastmittel verwendet, erst die dijodierten Pyridonsalze, jetzt immer mehr trijodierte Benzoate. Aber auch damit sind Zwischenfälle nicht auszuschließen.

"Untersuchungen der letzten Monate mit einem Kontrastmittel gleicher chemischer Struktur, etwa gleicher Jodsättigung, aber verschiedener Viskosität, machen wahrscheinlich, daß gerade die niedrige Viskosität das Kontrastmittel biologisch aggressiv macht und nicht die chemische Struktur (Azet- bzw. Diazettrizoat), insofern bei dem weniger viskösen Kontrastmittel bei der Injektion ein Gefäßschmerz auftrat, den man von dem viskköseren nicht mehr gewohnt war" (SWART und DINGENDORF).

1. Toxische Wirkungen der Kontrastmittel:

a. Niere

Ein Nierenschaden tritt nur auf bei zu hoher Konzentration des Kontrastmittels in den Nierenarterien. Diese ist abhängig von der Dosis, der Injektionsstelle und den Strömungsverhältnissen in den Nierengefäßen (BEALL, CRAWFORD, COUVES, DE BAKEY, MOYER).

Vor allem in der angelsächsischen Literatur ist eine große Anzahl von Nierenveränderungen nach Kontrastmittelinjektion beschrieben worden:

Autor	Kontrastmittel	Nierenschäden
BACCAGLINI, BALLARIN (Hundevers.)	Na-Jodid	Blutung in den Glomeruli
MILLER,WILEY HILMAN (Hunde)	Diodrast + ind.Tinte	fleckförmige interstitielle Fibrose
LERICHE, BEACONSFIELD, BOLEY		zeitwise Oligurie, Urt. Erbr.
ROOT	3 x 20 ccm 70 % Urokon	trübe Schwellung (embol. Aortenverschluß)
DOS SANTOS	Na-Jodid	Anurie nach 24 Stunden (Amyloidose) Exitus
FRY	40 + 10 ccm 70 % Urokon	trübe Schwellung → Oligurie (Uraemie, Exitus)
MILLER,WILEY HILMAN	50 - 70 ccm 70 % Diodrast	Oligurie bzw. Anurie 4x (3 x part. Aortenverschl.)
LARSSON, PALMLÖV	30 ccm 70 % Diodrast	8 x, 2 x Exitus
BARNES	50 ccm 70 % Diodrast	Anurie → Exitus (Ao.-V.)
RAMEY, POLLEY	15 ccm 70 % Urokon	trübe Schwellung → Atrophie
KIRKLAND	Diodon	4 x Albuminurie

KILLEN und OWENS fanden auf Urokon 70 % und Hypaque 90 % (hier weniger) eine Erniedrigung der O_2-Spannung (Versuch an Kaninchen).

LUTTWAK, REED und BREED wiesen auf Urokon 70 % eine zeitweilige Erniedrigung des Glomerulusfiltrationsdruckes und der Nierendurchblutung nach.

HUGER, MARGOLIS, GRIMSON konnten bei Hunden durch einen künstlichen Aortenverschluß unterhalb des Abganges der Aa.renales und Injektion von Urokon 70 % (1 ccm/kg) in die Aorta regelmäßig eine mäßige bis starke Nephrose und manchmal sogar eine Paralyse erzeugen. Eine Procain-Injektion intraaortal (25 mg / kg) vor der Urokon-Injektion konnte

den Nieren- und Rückenmarksschaden verhüten.
KILLEN und LANCE empfehlen vor der Urokon-Applikation die Instillation von 20 %iger Glucose in die Aorta. Dies soll die Toxizität des Urokon für Niere und Rückenmark herabsetzen.
KILLEN und LANCE fanden die Nierentoxizität abhängig von der chemischen Struktur des Kontrastmittels. Sie beobachteten verschiedene Grade von Schädigung infolge eines direkten zellulären Insultes. Die Veränderungen traten vor allem an den Tubulusepithelien auf. Nach Meinung der Autoren ist es durchaus möglich, daß in vielen Fällen milde reversible Schäden der Niere von der Aortographie her unentdeckt bleiben.
Auch MAC AFEE kommt zu dem Ergebnis, daß die Nierenschäden in direkter Beziehung zu Konzentration und Menge des Kontrastmittels zu stehen scheinen und möglicherweise einer direkten Reizwirkung des Kontrastmittels auf die Nierenstrukturen zuzuschreiben sind. Das röntgenologische Warnzeichen ist ein abnorm dichtes Nephrogramm; das Kontrastmittel wird lange retiniert und manchmal über die Gallenwege ausgeschieden. Anscheinend gibt es subklinisch verlaufende Schädigungen mit vorübergehender Erniedrigung der Nierenfunktion.

b. Rückenmark und Gehirn:

Die Berichte in der Literatur sind hierüber etwas spärlicher. Auch in diesem Fall muß die erhöhte Kontrastmitteldosis bzw. -konzentration mit einer Strömungsver-

langsamung in den Aa.lumbales zuzusammentreffen, um einen Schaden zu setzen.

Bis 1957 waren etwa 13 Paraplegien nach Aortographie bekannt geworden. ANTONI und LINDGREN beschreiben einen Fall, bei dem die Querschnittslähmung durch falsche Lagerung verursacht wurde: Ein Kissen unter dem Bauch des Patienten bewirkte eine Aortenkompression; die Kontrastmittelmenge, die in die Aa.lumbales übertrat, war dadurch stark vermehrt.

HOLL und SKIERVAN fanden beim Kaninchen nur dann eine Rückenmarksschädigung, wenn das Tier während der Untersuchung auf dem Rücken lag. Sie wiesen nach, daß das Kontrastmittel infolge seines hohen spezifischen Gewichtes bei Rückenlagerung lange in den Aa.lumbales und spinales liegenblieb. Die Folge war eine erhöhte Gefäßwandpermeabilität; daraus resultierte ein Rückenmarksschaden.

BOWMAN, FORSSMAN und OLSSON bewiesen experimentell, daß eine ähnliche Permeabilitätssteigerung mit Stase, Ödem und punktförmigen Blutungen auch bei der cerebralen Angiographie an den Hirngefäßen durch zu hohe Kontrastmittelkonzentration zu erreichen sei.

HASSE, LINKER, DEMBOWSKI und REES beobachteten einen Fall von schweren cerebralen Störungen in Form von passageren Lähmungen.

Wir sahen bei uns einen Fall einer kompletten Paraplegie mit Harn- und Stuhlinkontinenz, die sich aber allmählich wieder zurückbildete. Die Ursachen hierfür sind wahrschein-

lich in Wandveränderungen der Aorta und Iliacalarterien und einer erheblichen Strömungsverlangsamung zu suchen. Im Hinblick auf derartige Komplikationen (Nieren- und Rückenmarksschäden) ist vor der Anwendung eines Valsalva'schen Versuches bei der translumbalen Aortographie zu warnen. Durch die Strömungsverlangsamung wird das Kontrastmittel nicht schnell genug verdünnt, und die Gefäßwände kommen zu lange mit der hohen Kontrastmittelkonzentration in Berührung.

c. Gefäßwirkung:

ZINNER und GOTTLOB wiesen durch die Versilberung von Endothelien die gefäßschädigende Wirkung von Kontrastmitteln morphologisch nach. Selbst innerhalb der Trijodreihe bestehen erhebliche Unterschiede zwischen den Kontrastmitteln bezüglich ihrer lokalen Toxizität. In Regionen, in denen das injizierte Kontrastmittel noch relativ wenig vom Blutstrom verdünnt wird, zeigen sich örtliche Kontrastmittelschäden. Ausfallserscheinungen durch Schädigung der Kapillarendothelien und daraus resultierende Permeabilitätsstörungen treten auf. Auch an größeren Gefäßen kann sich die Schädigung durch Gefäßschmerz, Dilatation (evtl. nach primärer Vasokonstriktion), arterielle und venöse Thrombosen äußern. So läßt sich wahrscheinlich auch der Spasmus der Aa.renales erklären, den HAAGE und REHM bei zwei Renovasographien beobachteten.

"Die unmittelbare haemodynamische Antwort auf eine intra-

aortale Urokon-Injektion scheint ein Gefäßspasmus mit Erniedrigung der Nierenfunktion zu sein" (BEALL, CRAWFORD, COUVES, DE BAKEY, MOYER).

ZINNER und GOTTLOB experimentierten mit drei verschiedenen Kontrastmitteln und bewiesen, daß Urografin davon die geringste gefäßschädigende Wirkung hat.

Kontrast-mittel	keine Schädigung	Schädigung 1.Grades	Schädigung 2.Grades	Schädigung 3.Grades
Diäthanolamin-3,5-dijod-pyridon-N-acetat	+	++++++	+++	++++
Na-3-acetyl-amino-2,4,6-trijodbenzoat	-	+++	+++++	++
Urografin	+++++	++++++	-	-

2. Kontrastmittel-Allergie:

PENDERGRASS hat vor 10 Jahren die Häufigkeit schwerer Reaktionen als Folge einer Kontrastmittel-Injektion bei intravenöser Urographie ermittelt.
Bei 3 813 850 Urographien wurden in 94 % Diodon und Jodoxyl verwendet. 31 Untersuchungen endeten letal.

a. Erscheinungsformen:

Als schwere Reaktionen wurden beobachtet: Dyspnoe, Krämpfe, Lufthunger, Unruhe, Cyanose, Lungenödem.
Bei einem Patienten trat Herzstillstand auf, und nur bei

2 Patienten kam es zu den klassischen Symptomen einer Überempfindlichkeitsreaktion mit Urtikaria.
HASSE, LINKER, DEMOWSKI und REES beobachteten keine schweren Reaktionen auf Joduron und Urografin, dagegen mehrmals Urtikaria und ödematöse Schwellungen.
PÄSSLER berichtet, daß bei 68 seiner 555 Aortographie-Patienten Nausea auftrat.
Eine akute Kontrastmittel-Allergie ist nach MC AFEE charakterisiert durch Erbrechen, Nausea, Speichel- und Tränensekretion, Bronchitis, Hautausschlag und cerebrale Depression. Natriumjodid löst diese Komplikationen viel leichter aus als organische Jodverbindungen.
Davon unterscheidet er die unter Lokalanaesthesie vorübergehend auftretende "normale" Kontrastmittel-Reaktion mit Hitzegefühl, gelegentlich Nausea und Erbrechen, selten Völlegefühl, Schwindel und Hustenanfall.
Cardiovaskulärer Effekt: VAN DONGEN fand nach der Aortographie eine Blutdrucksenkung unspezifischer Art. Eine Wirkung der chemischen Zusammensetzung der angewandten Kontrastmittel auf die Blutdrucksenkung konnte nicht nachgewiesen werden. Die klinischen und experimentellen Beobachtungen deuteten darauf hin, daß die Blutdruckabnahme nach der intraaortalen Injektion von Dijodon und 70%igem Triurol oder einer hypertonischen Lösung eines beliebigen anderen Stoffes einer Vasodilatation zuzuschreiben ist, die unter dem Einfluß der unmittelbaren Wirkung des osmotischen Reizes auf die Gefäßwand entsteht (wahrscheinlich

Histaminfreisetzung). Durch weitere experimentelle Untersuchungen konnte festgestellt werden, daß das Verhalten des Blutdruckes in hohem Maß von der Molarkonzentration der injizierten Lösung abhängig ist.

b. Auslösende Faktoren:

Die durch ein Kontrastmittel ausgelösten Reaktionen können nach STIEVE folgende Ursachen haben:

1) Die Art des Kontrastmittels selbst. Unterschiede in der Reaktion werden auf die Form des Gesamtmoleküls zurückgeführt. Nur so läßt es sich erklären, daß trijodierte Verbindungen weniger Nebenreaktionen besitzen als manche dijodierte mit geringerem Jodgehalt,

FREI:

Kontrastmittel	Nebenreaktionen
Urografin 76 %	13,5 %
Uroselektan B 50 %	22 %
Perabrodil M 45 %	30 %
Joduron 30 %	83,5 %
Joduron 50 %	53 %

Auch HASSE, LINKER, DEMBOWSKI und REES kamen bei einem Vergleich der Nebenreaktionen bei Joduron 70 % und Urografin 76 % zu einem ähnlichen Ergebnis: Sie erhielten auf Joduron in etwa 7 %, auf Urografin in 3 % Nebenreaktionen.

LANGECKER, HARWART und JUNKMANN unternahmen einen Toxizitätsvergleich zwischen dijodierten und trijodierten Verbindungen:
Bei Ratten lag die LD 50/kg i.v. bei 14,7 g (Säure) für Urografin und bei 2,7-9,0 g (Säure) für dijodierte Verbindungen.

2) Die Salzkomponente spielt eine Rolle. Die Methylglucaminbase (heute in den meisten Kontrastmitteln) hat sich als verträglicher erwiesen als die Natriumsalze. Auch Kombinationen werden besser vertragen als die reinen Natriumsalze.

3) Konzentration des Salzgemisches. Hypertone Lösungen lösen eine Anzahl von Reaktionen aus. Das Venensystem ist empfindlicher als das Arteriensystem (Spasmen, Stasen, Intimareizung, Veränderung der Blutzusammensetzung und -gerinnung).
IDBOHRN und BERG sahen Nierenveränderungen bei Kontrastmittel-Konzentrationen über 10 % in der Blutbahn. Diese Konzentration ist abhängig vom osmotischen Druck des Kontrastmittels und von der pro Zeiteinheit injizierten Kontrastmittelmenge. Unterhalb dieser kritischen Konzentration sind keine stärkeren Reaktionen zu beobachten.

4) p_H. Stärkere p_H-Verschiebung im Blut ist nur bei größeren Kontrastmittel-Mengen zu erwarten.

5) Jodanteil. Auch die organischen Jodkomplexe sind mit anorganischem Jod verunreinigt, außerdem kann durch Dejodierung des nicht ausgeschiedenen Kontrastmittels Jod im Körper frei werden. Der retinierte Kontrastmittel-Anteil stellt durch sukzessive Dejodierung somit ein unphysiologisches Joddepot dar. Es sind somit Nebenwirkungen durch das Jod festzustellen:

a) Störungen des Jod-Stoffwechselgleichgewichtszustandes. Die Auswirkungen auf Euthyreosen sind in diesem Zusammenhang bisher wenig untersucht worden. Augenfällige Schäden, wie sie bei Hyperthyreotikern möglich sind, treten jedoch nicht auf.

b) Für Wochen und Monate verfälschte Werte beim Radiojodtest und verfälschter Wert des chemisch zu bestimmenden PBI^{127}.

c) Wegen der ^{131}Jodaufnahmeblockade Unmöglichkeit, eine geregelte Radiojodtherapie bei Hyperthyreosen und Struma maligna durchzuführen.

Alle diese Beobachtungen geben jedoch keinen Hinweis auf eine Steigerung der Empfindlichkeit oder Zunahme der Jodallergie.

"Gibt es überhaupt eine Kontrastmittel-Allergie oder nicht? Noch wissen wir über die Pathogenese dieser Reaktionen sehr wenig. Es muß meines Erachtens noch festgestellt werden, ob eine echte Antigen-Antikörperreaktion durch die Injektion einer Kontrastsubstanz überhaupt auslösbar ist oder nicht.

Wenn die Gesetze der Allergie Gültigkeit haben sollen, dann mußte der Nachweis einer Sensibilisierung geführt werden" (HEUCK).

SCHOEN sagt zu diesem Thema: "Was ist uns über die Ursachen der Kontrastmittel-Übermepfindlichkeit bekannt? Bei der Beantwortung dieser Frage gehen wir davon aus, daß das Charakteristikum der Überempfindlichkeit das Mißverhältnis zwischen der Normdosis und der bis zum [illegible] Schock gesteigerten Reaktionsstärke ist.

Das pathogenetische Problem erscheint am einfachsten, wenn man die Zwischenfälle in die Gruppe der sog. "dysregulativen Allergien" nach LETTERER einordnet, denn für diese Gruppe ist eine Antikörperdiathese nicht obligatorisch. Mit anderen Worten wäre eine Sensibilisierung nicht unbedingte Voraussetzung für die Kontrastmittel-Überempfindlichkeit. Wie heute ist nicht befriedigend geklärt, ob der zum Kontrastmittel-Zwischenfall führende Mechanismus in der Regel [illegible] oder mit einer Antigen-Antikörperreaktion abläuft".

b) Fragwürdigkeit der Testinjektion:

Hier erhebt sich nun die Frage, ob eine Testinjektion unter diesen Umständen sinnvoll ist. Man kennt drei Methoden:

1. Intracutan (NATERMAN und ROBINS)
2. Conjunctival (ARCHER und HARRIS)
3. Intravenös (ALYEA und HAINES)

Die 3. Methode wird am häufigsten angewandt.

Die Meinungen über die Notwendigkeit einer Testinjektion sind sehr geteilt.

HEUCK bewies, "daß die Konzentration der genannten Kontraststoffe im Hautgewebe nach der Applikation noch kontinuierlich ansteigt, während die Serumkonzentration abfällt. Es zeigte sich, daß bereits 10 Minuten nach Injektion des Kontrastmittels eine sehr hohe Konzentration in der Leber und in der Haut erreicht wurde, die in der Leber das 10 - 15-fache, in der Haut das 10-fache der Serumkonzentration ausmachte. Im Fettgewebe und in der Muskulatur beträgt die Konzentration nur etwa das 6 - 8-fache der Serumkonzentration. In den nachfolgenden 45 Minuten war ein weiterer Anstieg der Gewebskonzentration festzustellen, während die Blutkonzentration abfiel. Ich möchte auf diese Befunde einer unterschiedlichen Aufnahmebereitschaft der Gewebe für Kontrastsubstanzen nur verweisen, da sich ja die Hautreaktionen meist erst einige Zeit nach der Injektion - hin und wieder 30 bis 40 Minuten später - einstellen und so verstanden werden könnten, daß erst eine bestimmte Gewebskonzentration erreicht sein muß, ehe eine Reaktion überhaupt möglich ist. Diese Vorstellungen werden auch durch die in der Regel negative Testinjektion gestützt, die bei Vorliegen einer echten Allergie immer positiv sein müßte. Erst die größere Dosis führt zu einer häufig verspätet eintretenden Reaktion."

Demnach wäre die Testinjektion also ziemlich sinnlos.

Andererseits gibt es genügend Berichte, daß durch eine Test-

injektion eine allergische Reaktionslage des Organismus aufgedeckt werden konnte. Es sind sogar vereinzelt Todesfälle auf Testinjektionen beschrieben.
SPANN schildert die derzeitige Lage folgendermaßen:
"Es bestehen unter den Fachleuten 3 Richtungen, nämlich die erste Gruppe, die vom Wert der Vortestung überzeugt ist und diese deshalb in jedem Fall durchführt. Die zweite Gruppe vertritt die Auffassung, daß der Vortestung keine Bedeutung beizumessen sei, weshalb sie auf ihre Durchführung verzichtet. Die dritte Gruppe ist vom Wert der Vortestung nicht überzeugt, führt sie aber aus "forensischen" Gründen durch, um bei einem Zwischenfall abgesichert zu sein."
LOHOFF meint hierzu: "Wenn nun die Frage aufgeworfen wird, ob es sinnvoll oder zweckmäßig ist vorzutesten, so ist es meines Erachtens nicht notwendig und auch nicht richtig, mit einem Auge auf die Gerichte zu schielen. Ich meine, daß diese Frage auch allein vom ärztlichen Standpunkt aus nur bejaht werden kann, solange man mit der sehr nahe liegenden Möglichkeit rechnen muß, daß es in einer wenn auch geringen Zahl der Fälle gelingt, mit Hilfe der Vortestung und dem Unterlassen der Hauptuntersuchung schwere Schädigungen von Patienten auszuschließen".

IV. Kontraindikationen der translumbalen Aortographie

Als Kontraindikationen der translumbalen Aortographie haben also zu gelten (HERWIG):

1. Kontrastmittel-Unverträglichkeit
2. Blutungsneigung (auch Antikoagulatien-Therapie!)
3. Schwere Leber- und Nierenschäden (mangelnde Ausscheidung und Entgiftung des Kontrastmittels)
4. Dekompensierte Herzinsuffizienz.

E. DIE AUFKLÄRUNGSPFLICHT BEI DIAGNOSTISCHEN EINGRIFFEN

Die translumbale Aortographie ist also nicht so ungefährlich, wie man früher annahm. MC AFEE erhielt in seiner Sammelstatistik von 13 200 Aortographien in 0,28 % Todesfälle und in 0,74 % ernsthafte Komplikationen.

Inwieweit ist es also nötig, den Patienten vor dem Eingriff aufzuklären? Nach Art.2 Abs.2 des Grundgesetzes hat jeder das Recht auf körperliche Unversehrtheit und unverletzliche Freiheit.

"Damit ist aber unzweifelhaft, daß das Recht des Arztes auf Ausübung des ärztlichen Berufes gegenüber dem Selbstbestimmungsrecht des Patienten zurücktreten muß" (KLEINEWEFERS).

Der Arzt darf nur nach Einwilligung des Patienten einen Eingriff vornehmen. Dieses Einverständnis ist aber erst dann sinnvoll, wenn der Patient über die geplante Behandlung und ihre Folgen unterrichtet ist.

"Die Aufklärungspflicht über die notwendigen und gewollten

Folgen eines Eingriffs ist nicht problematisch. Anders ist dies jedoch mit den unerwünschten, nur möglichen Folgen einer kunstgerecht durchgeführten Behandlung zu Heilzwecken" (KLEINEWEFERS).

Soll man den Patienten nun mit Hinweisen auf alle möglichen Folgen unnötig beunruhigen? Laut Bundesgerichtshof-Entscheid ist dies nur erforderlich, wenn die Komplikationshäufigkeit über 2 % liegt.

Alle diese Aussagen gelten nur für therapeutische Eingriffe.

Die Aortographie dient nun aber der Diagnostik.

"Eine einwandfreie klinische Diagnose und eine sichere prognostische Beurteilung der Schädigung sollten zur Feststellung des zumutbaren Eingriffs Selbstverständlichkeit sein. ... Ein Irrtum in der klinischen Diagnose kann unmittelbare und mittelbare Folgen für die Gesundheit des Betroffenen haben, da die Konsequenz des Irrtums von einer unzweckmäßigen oder gar falschen Therapie belastet wird. .... Dem Problem der Zumutbarkeit therapeutischer Eingriffe ist damit das Problem der Zumutbarkeit diagnostischer Eingriffe beizustellen" (RETTIG).

"Bei der Anwendung von Kontrastmitteln zur Diagnose gelten die gleichen Grundsätze wie bei der Anwendung von Heilmitteln bei der Therapie. Bei der notwendigen Diagnose kommt es also ebenfalls darauf an, wie die Relation der Gefahren der Feststellung der Krankheit zu ihrer Wahr-

scheinlichkeit ist. Je schwerwiegender und je naheliegender die vermutete Krankheit ist, umso eher ist der Arzt berechtigt, auch gefährlichere Mittel, die der Diagnose dienen, zu verwenden, ohne den Patienten über die diesen Mitteln möglicherweise innewohnenden Gefahren zu unterrichten. Im allgemeinen ist aber über die Gefahren der Diagnose eher zu unterrichten, da es sich um eine nur vermutete Erkrankung handelt" (KLEINEWEFERS).

Komplikationen

Tab. I

Autor	Anzahl d. Aortographien	Kontrast-Mittel	Todesfälle	Anaesthesie-Zwischenfall	Par vas
HASSE, LINKER, DEMBOWSKI, REES (1957)	22 6 88	Joduron 70 % Perabrodil M Urografin 76%			
JOE (1955)	111	Na-J, Dijodon Pyelombrine 70-80%, Urokon	1		
van DONGEN (1955)	45	Dijodon-Perabrodil, Trinrol-Urografin			
DOS SANTOS	500 (1.Ao.)	Na-Jodid	4		
MC AFEE (1956)	150	Urokon 70%	1	2x Laryngosp.	1
Mc AFEE (Sammelst.)	13200 98=0,74% ernsth. Kompl.		37=0,28% 5 versch. Ursachen		
BRASCHE (1958)		Urografin			mehr
ZETTLER (1961)	253	Urografin	keine ernsthaf		
BEER (1963)	289		1		59
PÄSSLER (1963)	340	Urografin 76%			
LUKE, MCBRAW (1963)	500		2 ernster		
SZILAGYI, SMITH, MACKSOOD, EYLER (1962)	2399			15xLarygosp. 1x Blutung subarachnoidal	123
HERWIG (1964)	355	Urografin			42
Eigene Ergebnisse	607	Urografin 76%		1x Kollaps	19

lumbalen Aortographie

t e c h n i s c h e F e h l e r						Kontrastmittel-Wirkung			
-Inj. urale	Blutg	Punkt.and.Gefäße u.Organe				toxisch			allerg.
		A.ren.	A.mes.sup.	A.lumb.	and.Org.	Niere	RM	Gefäße	
			1x paralyt.Ileus			1 x Anurie			
						1,let.			
								45 x RR-Veränd.	
	5, 1 let.	3 x, 1x bleib. Sch.	1 x	4 x					
	5 let.		5 gastro-int.Kompl. letal			12 x Uraem. let.	5x let.	5 x let.	
		1			1xCavogr. 1xPunkt. Duralsack.				
ikationen									
	2, 1 let.	Arterien 9 x			1x Colon verletzt				
									68xNausea
ikationen									
		Arterien 36 x							
	3	1	1				1x		

Kontrastmittel

Tab. II

Firmen-Name	Chemische Zusammensetzung	Jodgehalt / ccm	im Handel befindl. Konzentrat.	Viskosität in cP
Urografin (Schering)	Na-Methylglucosamin-Salz d. 3,5-diacetylamino-2,4,6-trijod-Benzoesäure	370 292 146	76 % 60 % 30 %	17,85 7,16 2,20
Uroselektan (Schering)	Di-Na-Salz der N-Methyl-3,5-Dijod-Chelidamsäure	386 257 154	75 % 50 % 30 %	
Perabrodil M (Bayer)	3,5-Dijod-4-Pyridon-N-essigsaures Methylglucosamin	339 254 190	80 % 60 % 45 %	
Triopac 200 Triopac 300 Triopac 400		200 300 400		1,94 3,25 5,15
Conray (Byk-Gulden)	Methylglucamin- bzw. Na-Salz des 5-Acetylamino-2,4,6-trijod-isophthalsäure-Methylamids	480 410 282 141	80 % 70 % 60 % 30 %	8,0 5,3 4,0 1,44
Urokon (Malinckrodt)	Na-3-acetylamino-2,4,6-trijodbenzoat ($C_9H_5NO_3J_3Na$)	460 329 197	70 % 50 % 30 %	
Joduron (Cilag)	Morpholin- und Diäthanolaminsalz d. 3,5-dijod-4-Pyridon-N-Essigs.	349 249 149	70 % 50 % 30 %	
Opacoron 370		370		10,67

LITERATURVERZEICHNIS

1. AGNEW, C.H. and R.N. COOLEY: Abdominal Aortography.
Texas St. J. Med. 55, 945 (1959)

2. ANSCHÜTZ, F. und F. HEUCK: Kreislaufuntersuchungen am Menschen mit der Serienangiographie.
Fortschr. Rö.Str. 91, 512 (1959)

3. AURIG, G. und H. RADKE: Die Bedeutung der Aortographie für die Diagnostik der abdominalen Aortenaneurysmen.
Fortschr. Rö.Str. 84, 661 (1956)

4. BARKE, R.: Probleme der Standardisierung bei angiographischen Untersuchungen.
Fortschr. Rö.Str. 96, 648 (1962)

5. BEALL, A.C., E.S. CRAWFORD, C.M. COUVES, D. DE BAKEY, and J.H. MOYER: Complications of Aortography.
Surgery 43, 364 (1958)

6. BEALL, A.C., W.S. HENLY, G.C. MORRIS, E.S. CRAWFORD, D.A. COOLEY, M. DE BAKEY: Translumbal Aortography: a simple safe technic.
Ann. Surg. 157, 882 (1963)

7. BEER, W.: Über Gefahren und Komplikationen bei der Aortographie.
Chirurg 34, 260 (1963)

8. BOIJSEN, E., C.A. EKMAN, and T. OLIN: Coeliac and superior mesenteric angiography in portal hypertension.
Acta chir. Scand. 126, 315 (1963)

9. BONTE, G. and J. CARON: Les diverses indications du catheterisme aortique par voie femorale retrograde.
Angeiologie, N.S. 15, 5 (1963)

10. BRAEDEL, H.U., H. HAAGE und K. KRAUTZUN: Aussagemöglichkeiten der ungezielten und der gezielten Renovasographie bei der sog. "stummen" Niere.
Fortschr. Rö.Str. 98, 685 (1963)

11. BRAEDEL, H.U. und K. KRAUTZUN: Die Gefäßdarstellung bösartiger Harnblasengeschwülste.
Fortschr. Rö.Str. 100, 209 (1964)

12. BRASCHE, H.: Ein Beitrag zur Technik der Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 88, 669 (1958)

13. BÜCHNER, H.: Angiokymographie und Stufenarteriographie.
Fortschr. Rö.Str. 97, 345 (1962)

14. CHIAPPA, S.: Occlusion of the abdominal aorta.
Am. J. Roentg. 80, 297 (1958)

15. COALE, G.B., L.E. RICHEY and W.J. MC GANITY:
Localisation of the placenta with intravenous aortography.
Am. J. Obst. and Gynec. 83, 1150 (1962)

16. COLLO, G. and F. FAVEOR:
Aortography in nephrolithiasis.
Ann. radiol. diagn. 32, 155 (1959)

17. COOK, F.E., C.R.A. FLAHERTY, C.L. WILLMARTH and P.R. LANGELIER: Chylothorax: A complication of translumbal aortography.
Radiology 75, 251 (1960)

18. CRAWFORD, E.S., A.C. BEALL, J.H. MOYER and M.E. DE BAKEY: Complications of aortography.
Surg. Gyn. Obstetr. 104, 129 (1957)

19. CUSHMANO, J. and J. GALLAGHER: Single arm, percutanous intravenous arteriography. Amer. J. Roentg. 89, 269 (1963)

20. DEMOULIN, M.: Discovertebral necrosis after aortography. J. belg. de radiol. 43, 186 (1960)

21. DONGEN, R.J.A.M. van: Aortographie - Gefäßreaktionen. U. Holl. 1956/37

22. DÜX, A. und P. THURN: Das Aneurysma der A. renalis. Fortschr. Rö.Str. 96, 471 (1962)

Zur Methodik der Nierenarteriographie. Fortschr. Rö.Str. 98, 659 (1963)

23. EMMANOUILIDES, G.C. and B.I. REIN: Abdominal aortography via the umbilical artery in a newborn infant. Radiology 82, 447 (1964)

24. FROST, B.: Selektive renale Angiographie bei Nierenruptur. Fortschr. Rö.Str. 96, 260 (1962)

25. GOLLMANN, G.: Eine Modifizierung der Seldinger'schen Kathetermethode zur isolierten Kontrastfüllung der Aortenäste. Fortschr. Rö.Str. 87, 211 (1957)

Zur Technik der Angiographie mittels Katheter (Seldinger). Fortschr. Rö.Str. 89, 281 (1958)

Die isolierte Angiographie der Aortenäste mit percutan eingeführtem Katheter, ihre Indikation und Ergebnisse. Fortschr. Rö.Str. 89, 383 (1958)

Zwei Fälle von generalisierter Bandscheibenerkrankung bei jüngeren Frauen.
Fortschr. Rö.Str. 87, 616 (1957)

26. GUILFOIL, P.H.: Inferior-mesenteric-artery syndrome after translumbar aortography.
New Engl. J. Med. 269, 12 (1963)

27. GUMRICH, H., S. DORTENMANN und E. KÜBLER: Zur Diagnostik örtlich bedingter Arterienveränderungen.
Fortschr. Rö.Str. 86, 162 (1957)

28. HAAGE, H. und A. REHM: Spasmus der Nierenarterien bei der Renovasographie.
Fortschr. Rö.Str. 99, 649 (1963)

29. HANAFEE, W.: Axillary artery approach to carotid, vertebral, abdominal aorta and coronary angiography.
Radiology 81, 559 (1963)

30. HASSE, H.M. und U. DEMBOWSKI: Angiographische Darstellung von Arterienverschlüssen und ihren Kollateralbahnen an den unteren Gliedmaßen.
Fortschr. Rö.Str. 86, 153 (1957)

31. HASSE, H.M., G. LINKER, U. DEMOBWSKI, R. REES: Klinische und experimentelle Untersuchungen mit neuen Kontrastmitteln in der Angiographie.
Fortschr. Rö.Str. 85, 187 (1956)

32. HERWIG, H.: Die Bedeutung der Aortographie für die chirurgische Behandlung chronischer arterieller Durchblutungsstörungen der unteren Extremität.
Chir. Praxis 2, 87 (1964)

33. HETTLER, M.: Angiographische Probleme und Möglichkeiten.
Fortschr. Rö.Str. 92, 97 (1960)
Fortschr. Rö.Str. 92, 198 (1960)

Die funktionsanalytische Angiographie der Aorta und der peripheren Arterien.
Therapiewoche 13, 912 (1963)

34. HEUCK, F.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Lomberg Gmbh, Koblenz 1964

35. HILLENBRAND, H.J. und H. FORST: Renovasographie bei peripheren Durchblutungsstörungen.
Fortschr. Rö.Str. 86, 86 (1957)

36. HOLM, O.F.: Nachweis über die Ausbreitung von Rezidiven und lokalen Metastasen durch Aortographie bei einem Fall von operiertem Hypernephrom.
Fortschr. Rö.Str. 86, 399 (1957)

37. HUGER, W.E., G. MARGOLIS and K.S. GRIMSON: Protective effect of intra-aortic injection of procaine against renal injuries produced in experimental aortography.
Surgery 43, 52 (1958)

38. ISFORT, A.: Heilung einer langjährigen Lendenfistel nach kausaler Klärung durch Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 98, 769 (1963)

39. JOE, T.T.: de lumbale Aortographie.
U. Holl. 1957/177

40. KARRAS, B.G., A.H.CANNON and R.N. ASHBY: Percutanous left brachial aortography.
Amer. J. Roentg. 90, 564 (1963)

41. KAUFMANN, H.J. und K. WEISSER: Die transumbilikale Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 98, 699 (1962)

42. KILLEN, D.A., E.M. LANCE: Experimental appraisal of the agents employed as angiocardiographic and aortographic contrast media.
Surgery 47, 260 (1960)

Investigations of means to prevent spinal cord and renal damage incident to Urocon aortography.
Surgery 51, 338 (1962)

43. KILLEN, D.A. and G. OWENS:
Changes of renal oxygen availability during Urocon and Hypaque aortography.
Ann. Surg. 152, 957 (1960)

44. KIRKLAND, J.A.: Massive albuminuria following aortography.
Radiology 75, 663 (1960)

45. KLEINEWEFERS, H.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Lomberg, Konstanz 1964

46. LAGERGREN, C. und A. LINDBLOM: Die Angiographie peripherer Tumoren.
Fortschr. Rö.Str. 99, 121 (1963)

47. LAUFMANN, H., R.E. BERGGREN, Th. FINLEY and B.J. ANISON
Anatomical studies of the lumbar arteries: with reference to the safety of translumbar aortography.
Ann. Surg. 152, 621 (1960)

48. LELEK, I.: Neure Beiträge zur Lokalisation des Phaeochromocytoms.
Fortschr. Rö.Str. 96, 263 (1962)

49. LODIN, H.: Lumbale Aortographie bei akuter Aortenembolie.
Fortschr. Rö.Str. 84, 269 (1956)

50. LOHOFF, G.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Lomberg, Konstanz 1964

51. LOOSE, K.E.: Die Leistungsbreite der Angiographie in der Chirurgie.
Langenb. Arch. klin. Chir. 304, 839 (1963)

52. LUDIN, H.: Angiographische Nierendarstellung. Neben-
Fortschr. Rö.Str. 99, 654 (1963)
Aortographie unter Valsalva-Bedingungen.
Fortschr. Rö-Str. 96, 611 (1962)

53. LUKE, J.C. and J.Y. MC GRAW: Complications following catheter angiography.
Arch. Surg. 86, 414 (1963)

54. LUTTWAK, E.M., G.E. REED and E.S. BREED: Effect of aortography on renal function.
Ann. Surg. 154, 190 (1961)

55. MARGULIS, A.R. and T.O. MURPHY: Arteriography in neoplasms of extremities.
Amer. J. Roentg. 80, 330 (1958)

56. MARSHALL, T.R., J.T. LING and R. GONZALEZ: Additional experiences with direct percutaneous noncatheter brachial angiography, left panarteriography, right cerebral angiography.
Radiology 81, 568 (1963)

57. MC AFEE, J.G., and J.K.V. WILISON: A review of the complications of translumbar aortography.
Am. J. Roentg. 75, 956 (1956)

58. MC CUNE, W.S. and W.W. STANBRO: Visualization of the pancreas by aortography.
Radiology 75, 322 (1960)

59. MÜLLER, H.: Angiographische Darstellung der Nebennieren.
Fortschr. Rö.Str. 97, 711 (1962)

60. PADHI, R.K.: Fatal infarction of the descending colon after lumbar aortography.
Radiology 75, 848 (1960)

61. PÄSSLER, H.W.: Abdominale Aortographie mit besonderer Berücksichtigung der bilateralen retrograden Serienaortographie ohne Katheter.
Fortschr. Rö.Str. 98, 279 (1963)

Begutachtung peripherer Durchblutungsstörungen.
Stuttgart: Thieme 1958

62. PFEIFFER, J. und R. BARKE: Angiographie der Beckengefäße.
Fortschr. Rö.Str. 93, 787 (1960)

63. PIGEON, G., R. LEFEBORE, G.E. CARTIER and J. GENEST: Unilateral renal damage after translumbar aortography.
Radiology 76, 844 (1960)

64. PORCHER, P., D. PROT, J. CHALUT et J. BENNET: Bull. Acad. Nat. Med. Ser.3, 147, 595 (1963)
Valeur diagnostique de l'arteriographie des collaterales de L-aorte abdominale a destinees digestives.

65. PORSTMANN, W.: Modifikation der Seldinger'schen percutanen Katheteraortographie durch Anwendung eines in der Blutbahn endständig verschließbaren Katheters.
Fortschr. Rö.Str. 97, 12 (1962)

Zur Bedeutung und Technik der einzeitigen Aorto-Arteriographie im Rahmen der rekonstruktiven Gefäßchirurgie.
Fortschr. Rö.Str. 99, 852 (1963)

66. RADKE, H.: Arteriographischer Nachweis von örtlichen Gefäßveränderungen am Fuß.
Fortschr. Rö.Str. 86, 177 (1957)

Zur Röntgendiagnostik peripherer Knochenmetastasen am Fuß.
Fortschr. Rö.Str. 86, 604 (1957)

67. RATSCHOW, M. und H.M. HASSE: Zur Indikation der Angiographie der Gliedmaßen!
Münch. med. Wschr. 1955, 519

68. RETTIG, H.: Zumutbarkeit und Aussagewert von Kontrastmitteldarstellungen in der Begutachtung.
Mschr. Unfallheilk. Beih. 81, 360 (1965)

69. REUS, H. de: Serien-Aorto-Arterio-Phlebographie.
Fortschr. Rö.Str. 85, 193 (1956)

Über die Bestimmung der Zirkulationsgeschwindigkeit in den Beinarterien.
Fortschr. Rö.Str. 87, 41 (1957)

70. RIMPAU, A. und H. SEILS: Pathologisch-anatomische Befunde an der Punktionsstelle bei der Hirnarteriographie und Betrachtungen zur Punktionstechnik.
Fortschr. Rö.Str. 87, 191 (1957)

71. RÖSCH, J.: Die Rolle der Splenoportographie in der Diagnostik der Epigastriumgeschwüre.
Fortschr. Rö.Str. 90, 415 (1959)

72. RÖSCH, J. und J. BRET: Erfahrungen mit der Milzarteriographie.
Fortschr. Rö.Str. 97, 239 (1962)

73. SOMMER, F. und P. SCHÖLZEL: Beobachtung einer ascendierenden Aortenthrombose nach Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 86, 609 (1957)

74. SPANN, W.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Lomberg, Konstanz 1964

75. SÜSSE, H.J. und H. RADKE: Nachweis und Lokalisierung von Nebennierentumoren mittels Aortographie.
Fortschr. Röstr. 86, 599 (1957)

76. SWART, B. und W. DINGENDORF: Experimenteller Beitrag zur optimalen Gefäßdarstellung.
Fortschr. Rö.Str. 97, 637 (1962)

77. SZILAGYI, D.E., R.F. SMITH, A.J. MACKSOOD and W.R. EYLER: Abdominal aortography. Its value and its hazards.
Arch. Surg. 85, 25 (1962)

78. SCHMIDT, H.W. und F.J. DEUPMANN: Diagnostische Möglichkeiten und Grenzen der Angiographie.
Fortschr. Rö.Str. 91, 25 (1959)

79. SCHMITZ-DRAEGER, H.G.: Gleichzeitige Feststellung eines Hypernephroms und seiner Metastase durch retrograde Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 93, 382 (1960)

Retrograde Aorto- und Arteriographie ohne Katheteranwendung.
Fortschr. Rö.Str. 96, 639 (1962)

Zur praeoperativen Aorto-Arteriographie bei arteriellen Verschlüssen im Bereich der Aorta abdominalis und der Beckenarterien.
Fortschr. Rö.Str. 99, 795 (1963)

80. SCHNEPPER, E.: Über den Wert der Extremitätenangiographie für die Differentialdiagnose benigner und maligner Tumoren.
Zbl. Chir. 1961, 715

81. SCHÖLZEL, P.: Merkmale und Verhütung der intramuralen Injektion bei der Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 92, 694 (1960)

82. SCHOEN, H.D.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Loberg, Konstanz 1964

83. SCHWARZ, E.: Puncture of the thoracic lymph duct with chylothorax: a rare complication of aortography.
Radiology 75, 248 (1960)

84. STEINMETZ, W.H.: Die Röntgendiagnose der Placenta praevia in den angelsächsischen Ländern.
Fortschr. Rö.Str. 87, 622 (1957)

85. STIEVE, F.E.: Die Kontrastmittelanwendung in forensischer Sicht.
Symp. hrsg. Byk-Gulden-Lomberg, Konstanz 1964

86. TAKARO, T., E.D. PEASLEY, M.F. MC KEEL and J.L. WILKERSON: Aortic dissection due to translumbar aortography with recovery following surgery.
Arch. Surg. 79, 1023 (1959)

87. THURN, P., A. SCHAEDE, H.H. HILGER und A. DÜX: Zur percutanen, retrograden, thorakalen Aorto- und Laevocardiographie.
Fortschr. Rö-Str. 93, 393 (1960)

88. TILLE, O.: Nierenangiographie durch Aortographie oder selektive Katheterisierung?
Fortschr. Rö.Str. 94, 777(1961)

89. TIWISANA, Th.: Angiographische Studien bei gutartigen und bösartigen Geschwülsten der Gliedmaßen.
Fortschr. Rö.Str. 87, 199 (1957)

90. VOGLER, E. und M. BERGMANN: Angiographie bei stumpfen Nierentraumen.
Fortschr. Rö.Str. 98, 675 (1963)

91. WALDHAUSEN, J.A. and E.J. KLATTE: Direct retrograde femoral aortography.
New Engl. J. Med. 267, 480 (1962)

92. WEISSLEDER, H. und H. KIEFER: Formänderungen der Niere und ihre röntgenologische Beurteilung.
Fortschr. Rö.Str. 99, 313 (1963)

93. WEISSLEDER, H., W. SCHOOP und J. KLÖSS: Akuter Femoralisverschluß als Komplikation bei einer Arteriographie.
Fortschr. Rö.Str. 98, 288 (1963)

94. WERNER, H., H. ...KEN und O. WEGENER: Retrograde Angiographie der A. subclavia und sämtlicher Äste durch percutane Punktion der A. brachialis.
Bruns Beitr. klin. Chir. 207, 398 (1963)

95. WILDER, R.J. and F.M. STEIDEN: Necrosis of the entire gastrointestinal tract following translumbar aortography.
Arch. Surg. 1960, 198

96. ZETTLER, F.: Diagnostik und Symptomatologie arterieller Gefäßleiden.
Münch. med. Wschr. 103, 1958 (1961)

Pathogenese und Lokalisation arterieller Durchblutungsstörungen.
Dtsche. med. Wschr. 29, 1468 (1962)

97. ZIMMERMANN, H.: Abgewandelte percutane Kathetermethode (Seldinger) zur gezielten Aortographie.
Fortschr. Rö.Str. 94, 784 (1961)

98. ZINNER, G. und R. GOTTLOB: Die gefäßschädigende Wirkung verschiedener Röntgenkontrastmittel, vergleichende Untersuchungen.
Fortschr. Rö.Str. 91, 507 (1959)

An dieser Stelle möchte ich Herrn Professor Dr. G. Hegemann, Direktor der Chirurgischen Klinik der Universität Erlangen-Nürnberg, für die Überlassung des Themas danken.

Insbesondere gilt mein Dank auch Herrn Oberarzt Dr. H. Schaudig für seinen wertvollen Rat und seine Hilfsbereitschaft während der Durchführung der Arbeit.

LEBENSLAUF

Ich, Heidelore Öslinde Opel, wurde am 29.5.1941 als Tochter des Studienrates Dr. Richard Opel und seiner Ehefrau Elisabeth Opel, geb. Beh, in Nürnberg geboren.
Von 1947 - 1951 besuchte ich die Volksschule in Neustadt/Aisch und von 1951 - 1960 das dortige Humanistische Gymnasium, wo ich am 13.7.1960 das Reifezeugnis erhielt.
Vom Wintersemester 1960 bis zum Sommersemester 1963 war ich für 6 Semester als ordentliche Hörerin der Medizinischen Fakultät an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg immatrikuliert. Nach dem 2. Semester bestand ich im Juli 1961 die naturwissenschaftliche, nach dem 5. Semester im Mai 1963 die ärztliche Vorprüfung. Das 2. und 3. klinische Semester verbrachte ich als ordentliche Hörerin an der Universität Innsbruck. Im Herbst 1964 kehrte ich an die Universität Erlangen zurück und beendete das Medizinstudium.
Am 7.7.1966 bestand ich die ärztliche Prüfung.

Buchdruck und Fotodruck: Ludwig Müller, Erlangen, Fahrstraße 5